UDC



中华人民共和国国家标准

P GB 50071－2014

小型水力发电站设计规范

Design code for small hydropower station

2014－12－02 发布 2015－08－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
联合发布

中华人民共和国国家标准

小型水力发电站设计规范

Design code for small hydropower station

GB 50071 - 2014

主编部门：中 华 人 民 共 和 国 水 利 部
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 5 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第650号

住房城乡建设部关于发布国家标准《小型水力发电站设计规范》的公告

现批准《小型水力发电站设计规范》为国家标准，编号为GB 50071—2014，自2015年8月1日起实施。其中，第5.5.12、5.5.53、8.1.4条为强制性条文，必须严格执行。原《小型水力发电站设计规范》GB 50071—2002同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014年12月2日

前　　言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2011年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2011〕17号）的要求，由水利部水利水电规划设计总院和四川省水利水电勘测设计研究院会同有关单位在《小型水力发电站设计规范》GB 50071—2002的基础上修订完成的。

本规范共18章，主要技术内容包括：总则、水文、工程地质勘察、水利及动能计算、工程布置及建筑物、水力机械及采暖通风、电气、金属结构、消防、施工组织设计、建设征地和移民安置、环境保护、水土保持、工程管理、节能、劳动安全与工业卫生、工程概（估）算、经济评价。

本次修订的主要内容有：规范适用范围改为适用于装机容量为0.5MW～50MW的小型水电站设计；增加了水土保持、节能、劳动安全与工业卫生等3章内容；为反映我国近10年来小型水电站设计技术进步方面的内容及现行国家与相关行业政策法规要求，对部分设计要求进行了局部修订，增强了规范的可操作性。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，水利部负责日常管理，水利部水利水电规划设计总院负责具体技术内容的解释。在本规范执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，注意积累资料，如发现需要修改和补充之处，请将修改意见和有关资料反馈给水利部水利水电规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街2-1号，邮政编码：100120，传真：010-63206755，邮箱：jsbz@giwp.org.cn），以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：水利部水利水电规划设计总院

四川省水利水电勘测设计研究院

参 编 单 位：浙江省水利水电勘测设计院

重庆市水利电力建筑勘测设计研究院

主要起草人：高希章　李长银　娄绍撑　李　霞　李　涛

李自繁　曾怀金　王小英　何定恩　李万军

向重平　叶纪刚　郑昌银　侯成刚　陶　洪

余志友　聂　彪　吕中明　张永进　刁志明

樊卫平

主要审查人：司志明　姚芝茂　张　磊　王　莹　岳梦华

王俊海　雷兴顺　鞠占斌　孙双元　林德才

谭志勇　伍　杰　汤洪洁　程　瓦　姜风海

王庆明　费永法　杨类琪　朱维志　韩晓君

吴树延　唐新华　吉　刚　王春满　卜继勘

刘红宇　卢义骈　杨全明　李　霞　王水生

赵其兴　廖微微

目　　次

Contents

1 总　　则

1.0.1 为适应我国小型水力发电站建设发展的需要，反映电站建设的技术进步和经验，统一设计技术要求，提高设计质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、扩建和改建的装机容量为0.5MW～50MW的小型水电站（以下简称电站）设计。

1.0.3 电站设计应在流域综合规划或河流、河段水电规划的基础上进行。

1.0.4 电站设计应执行国家现行的技术经济政策，根据地方水利、水电、航运、水土保持、环境保护等要求和电力市场的需要统筹安排，因地制宜，合理利用水资源。

1.0.5 电站设计应进行调查研究、勘测工作，获取水文、气象、地形、地质、建材、电网、建设征地、移民、环境保护、水土保持、河流开发现状和国民经济综合利用要求等基本资料和数据。

1.0.6 电站设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 水　　文

2.1 一 般 规 定

2.1.1 水文分析计算应收集本流域和邻近流域的水文气象及自然地理特征资料，本流域水利水电工程开发、水土保持等人类活动影响资料，区域历史洪水调查资料以及区域水文气象综合分析研究成果等。

2.1.2 对水文计算所依据的基本资料，应进行可靠性、一致性、代表性分析，对采用的各种参数和分析计算成果，应进行分析检查，论证其合理性。

2.2 径　　流

2.2.1 径流计算应提供坝址下列全部或部分径流成果：

1 年、月、旬、日径流系列和多年平均径流量；

2 年、期径流频率计算成果；

3 设计代表年的径流年内分配及日平均径流量历时曲线等。

2.2.2 设计径流计算应根据不同的资料条件，采用下列方法：

1 当坝址有 30 年以上（含插补延长）的连续径流系列资料时，应用频率计算方法直接计算设计年、期径流；

2 当坝址径流资料少于 30 年，但上、下游或相邻流域有 30 年以上（含插补延长）的径流资料时，可将参证站设计径流成果按集水面积、雨量和下垫面条件的差异进行修正，移用到坝址；

3 当设计流域无径流资料，但有降水量资料时，可分析利用附近相似流域测站的降雨径流关系推求径流成果；

4 当无以上资料条件时，可采用区域综合方法等进行设计径流计算。

2.2.3 设计断面以上流域人类活动影响径流时，应调查分析影响程度，并进行径流的还原计算。当还原水量资料短缺时，可通过分析直接统计受人类活动影响后的实测径流系列或按资料短缺的径流计算方法，进行设计径流计算。

实测径流资料不足时，可采用相关分析等方法进行相关插补延长径流系列。

采用相关分析进行相关插补延长径流系列时，相关系数宜为0.8以上。插补系列的年数不宜超过相关分析所用系列的长度。

2.2.4 径流计算时段可根据设计要求选用年、期(非汛期、枯水期)等。在 n 项连序径流系列中，按由大到小顺序排列的第 m 项的经验频率 P_m 应按下式计算：

$$P_m = \frac{m}{n+1} \times 100\% \qquad (2.2.4)$$

频率曲线的线型可采用皮尔逊Ⅲ型，其统计参数可用矩法初步估算，并用适线法调整确定。

2.2.5 采用区域综合方法进行径流计算时，应利用主管部门审批的区域降雨径流及统计参数等值线图或径流计算经验公式。

2.2.6 对选定的年径流系列，应根据区域内水文站、雨量站资料，通过其长、短系列统计参数对比，分析其代表性。

2.2.7 设计代表年的径流年内分配可选用年、期径流量经验频率接近设计频率的实测年作为典型年，并用设计径流量进行修正确定。

当实测资料短缺时，设计代表年的径流年内分配可采用已有的径流区域综合图表推算。

2.2.8 电站所在河流有特殊水文地质条件时，应分析研究其对径流设计值的影响。

2.2.9 推求日平均流量历时曲线，可根据资料条件采用下列方法：

1 用丰水年、平水年、枯水年三个代表年的日平均流量排序

统计。

2 将参证站的日平均流量历时曲线按集水面积和雨量修正，移用到站址。

2.2.10 径流分析计算成果应与上下游、干支流和邻近流域的计算成果比较，分析检查其合理性。

2.3 洪 水

2.3.1 应根据电站设计要求，提出下列坝(厂)址全部或部分的设计洪水成果：

1 各设计频率的年最大洪峰流量和时段洪量；

2 各设计频率的分期最大洪峰流量和时段洪量；

3 各设计频率的年和分期设计洪水过程线。

2.3.2 应根据电站所在区域的资料条件，合理选用设计洪水计算方法。

坝(厂)址或其上、下游邻近地点具有30年以上的实测和插补延长的洪水资料时，应采用频率分析法推求设计洪水。

电站所在区域无洪水资料，但有降水量资料时，可通过暴雨频率分析，由设计暴雨推求设计洪水。

2.3.3 电站所在区域实测洪水和暴雨资料短缺时，可利用邻近地区实测或调查洪水和暴雨资料，进行地区综合分析，推求设计洪水；也可根据经主管部门审批的全国和省、自治区、直辖市暴雨和产汇流区域综合研究成果及其配套的暴雨径流查算图表，由设计暴雨推求设计洪水。

2.3.4 由设计暴雨推求设计洪水时，不同历时设计暴雨量可采用设计点暴雨量和点面关系推算。设计点暴雨量可从经审定的暴雨统计参数等值线图上查算。设计暴雨的时程分配可根据区域综合雨型或典型雨型，采用不同历时设计暴雨量同频率控制放大求得。

设计暴雨历时可取24h，也可根据流域面积及汇流历时确定。

由设计暴雨推求设计洪水的产流、汇流参数时，可从经审定的

暴雨径流查算图表查算。

2.3.5 对设计洪水计算采用的各种参数和计算成果，应进行多方面分析检查，论证成果的合理性。

2.3.6 设计洪水计算采用的历史洪水可直接引用省（自治区、直辖市）刊布的历史洪水调查成果。当电站所在河流无实测或调查历史洪水资料时，应在坝（厂）址或其上、下游河段进行历史洪水调查。

2.3.7 计算分期设计洪水时，分期应根据工程设计要求确定，其起迄日期应符合洪水季节变化规律。分期不宜短于1个月。分期设计洪水可跨期使用。

2.3.8 当电站上游有调节水库时，应拟定设计洪水地区组成，推求受上游水库调蓄影响后的坝址设计洪水。

2.4 水位流量关系曲线

2.4.1 当坝（厂）址上、下游附近有水文站时，可在坝（厂）址进行水位观测和洪、枯水位调查，分析河段水面比降，将水文站水位流量关系修正后移用到设计断面。

2.4.2 坝（厂）址河段无水文站时，应根据河段纵断面图和横断面图，以及调查估算的洪水、枯水水面比降，采用水力学公式推算设计断面水位流量关系曲线。

2.4.3 对拟定的水位流量关系曲线，应用实测或调查的水位、流量资料对其进行验证。

2.5 泥沙、蒸发、冰情

2.5.1 应根据电站设计要求，提出下列坝（厂）址处全部或部分的泥沙成果：

1 多年平均悬移质年输沙量和丰沙、平沙、少沙年的悬移质输沙量及其年内分配；

2 多年平均悬移质含沙量及实测最大含沙量；

3　悬移质泥沙颗粒级配及中值粒径、最大粒径；

4　多年平均推移质输沙量。

2.5.2　电站悬移质泥沙计算可根据不同的资料条件采用以下方法：

1　当坝址上、下游或流域内有泥沙测验资料时，可经面积修正后移用参证站的泥沙特征值；

2　电站所在流域泥沙测验资料短缺或无泥沙测验资料时，可根据邻近流域泥沙测验资料，或侵蚀模数区域综合图表估算泥沙特征值。

2.5.3　电站水库可根据流域内、邻近地区蒸发站资料，或蒸发量区域综合图表计算多年平均水面蒸发量及其年内分配。

2.5.4　对有冰情的设计河段，应提供河段的封冻和解冻时河流形势；岸冰出现、流凌出现、全河封冻及融冰等最早、最迟日期；封冻冰厚、流冰大小，冰塞、冰坝发生时间、地点及规模等。

2.6　水情自动测报系统

2.6.1　应根据设计流域的水文情势和电站规模等条件，分析论证设置水情自动测报系统的必要性。

2.6.2　水情自动测报系统设计内容应主要包括：确定遥测站网、通信方式、组网方案及投资估算等。

3 工程地质勘察

3.1 一 般 规 定

3.1.1 工程地质勘察的内容应包括工程区的基本地质条件和主要工程地质问题，水文地质条件及环境水的腐蚀性评价，天然建筑材料的分布、储量和质量。

3.1.2 工程地质勘察应搜集和利用已有地形、地质资料。勘察方法宜以地质测绘、轻型勘探和现场简易测试为主，必要时采用重型勘探。在进行工程地质评价时，加强资料的综合分析，可采用工程地质类比法和经验分析法。

3.2 区 域 地 质

3.2.1 应研究工程区已有的区域地质资料，确定工程区所属大地构造单元，分析区域主要构造及历史地震对工程区的影响。

3.2.2 工程区的地震动参数及相应的地震基本烈度应按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定。

3.3 水库工程地质

3.3.1 水库渗漏勘察应包括下列内容：

1 水库周边有无单薄分水岭、低邻谷和贯穿库外的透水层、断层破碎带、古河道等，对渗漏的可能性和严重程度作出评价；

2 可溶岩分布库段的岩溶发育规律、泉水及地下水分水岭的分布高程、相对隔水层的分布及封闭条件、地下水与河水的补给与排泄关系等，评价渗漏的可能性、渗漏途径、渗漏性质(管道、溶隙)及其对建库的影响。

3.3.2 库岸稳定勘察应包括下列内容：

1　岸坡岩（土）体性质、结构组成、软弱土层的分布、断裂构造切割情况、各种对岸坡稳定不利的控制结构面产状、延伸及相互组合关系；

2　岩质库岸的岩体风化、卸荷状态及变形特征，并鉴别变形的类形、性质、范围及其形成条件；

3　近坝库岸滑坡、坍塌体、危岩体的分布、规模及其稳定性，对近坝泥石流的影响作出评价；

4　可能坍岸地段各类土层的分布高程、稳定坡角，浪击带的稳定坡角，并预测塌岸的范围。

3.3.3　浸没勘察应包括下列内容：

1　可能浸没地段土层结构、厚度、组成及下伏基岩或相对隔水层埋深；

2　土层渗透性、地下水位埋深、地下水的补给与排泄条件、土层毛细水上升高度、产生浸没的地下水临界深度，预测可能产生浸没的范围，分析引起沼泽化、盐渍化的可能性。

3.3.4　应通过勘察，对建库条件、蓄水后可能产生的环境地质问题进行评价，并对不良地质问题提出处理措施的建议。

3.4　水工建筑物工程地质

3.4.1　土石坝坝址勘察应包括下列内容：

1　河床覆盖层及阶地内堆积物的地层结构、分层厚度、分布特征，现代河床及古河床软土层、粉细砂、湿陷性黄土及架空、漂孤石层的分布，对土的承载能力、变形、抗剪特性、地震液化等建坝条件作出评价；

2　提出岩（土）体渗透系数、允许渗透坡降和物理力学参数，并对不良地质问题提出处理意见；

3　防渗体部位断层破碎带和裂隙密集带的分布、宽度、充填状况，并评价其渗透稳定性；

4　坝基（肩）岩体风化、卸荷带厚度及性状；

5　坝基(肩)相对隔水层分布高程、两岸地下水位埋深，并提出坝基(肩)防渗范围及深度。

3.4.2　混凝土坝坝址勘察应包括下列内容：

1　坝址地形地貌，覆盖层厚度及其渗透特性，河床深槽范围和深度；

2　坝基(肩)岩性特征及其物理力学性质，软弱夹层的分布和性状；

3　坝基(肩)岩体的风化、卸荷特征、断层破碎带、裂隙密集带、顺河断层和缓倾角结构面的位置、充填物性状和延伸情况，进行坝基岩体质量分类，确定可利用岩面位置，提出岩(土)体物理力学参数；

4　可溶岩坝址坝基(肩)岩溶洞穴和通道的分布、规模、充填情况及连通性，岩溶泉的分布、流量及补给、径流、排泄特征；

5　坝址的水文地质条件，坝基(肩)岩体透水性及分带、相对隔水层埋深，提出坝基(肩)防渗范围及深度；

6　评价坝基(肩)抗滑稳定、变形及渗透稳定性，提出不良工程地质问题处理措施的建议；

7　建在覆盖层上的混凝土坝(闸)址勘察内容可参照土石坝坝址的有关规定。

3.4.3　泄水建筑物勘察应包括下列内容：

1　地形地貌、地层岩性、地质构造、岩体风化、卸荷特征、地下水位、岩(土)体的物理力学性质；

2　两岸边坡稳定条件及冲刷区岩体抗冲特征；

3　提出岩(土)物理力学参数和处理措施的建议。

3.4.4　隧洞、地下厂房、调压室及埋管等地下建筑物勘察应包括下列内容：

1　地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水位、上覆岩体厚度、进出口地段岩体风化、卸荷带厚度、主要断层及软弱层带结构面的性状、延伸长度及其与洞室轴线的关系，并进行围岩工程地质分

类，提出岩（土）体物理力学参数；

2 应对隧洞成洞条件和进出口边坡稳定条件进行评价；调查隧洞穿越煤系地层等洞段有毒、易爆气体的危害程度，并对采空区洞室围岩稳定、深埋隧洞岩爆作出评价；分析可溶岩地区的岩溶洞穴、暗河水系对成洞条件的影响并作出评价；

3 对地下厂房和调压室，应结合地应力分别评价洞顶、高边墙及交叉段岩体稳定性，提出处理措施的建议；

4 在层状地层内布置埋管时，还应查明岩层倾角、倾向与埋管倾斜角的关系，评价埋管围岩的稳定条件。

3.4.5 渠道勘察应包括下列内容：

1 地形地貌、地层岩性、地质结构、滑坡、泥石流的分布；

2 按坡高、岩（土）体性质、岩层产状等因素进行工程地质分段，评价渠道的渗漏、渠基和边坡的稳定性；

3 提出相应的岩（土）体物理力学参数、稳定边坡建议值及处理措施的建议。

3.4.6 压力管道、前池勘察应包括下列内容：

1 地形地貌、覆盖层厚度、基岩面坡度、地质结构、山体稳定条件、前池和镇墩地基岩（土）体物理力学性质；

2 对前池、压力管道沿线边坡稳定、地基承载能力及不均匀变形等问题作出评价，提出岩（土）体物理力学参数。

3.4.7 主、副厂房厂址勘察应包括下列内容：

1 地形地貌、岩（土）体性质、承载能力、变形特征、透水性及边坡稳定条件；

2 岩基上的建筑物应查明岩体的风化带、卸荷带、软弱夹层分布及其性状，并提出岩体的物理力学参数；

3 软基上的建筑物应查明覆盖层的厚度、性质、分层特征、渗透性、地下水位埋深、淤泥及粉细砂层的分布、性状及地震液化条件，对变形和渗透稳定作出评价，提出各项物理力学参数和处理措施的建议。

3.5 天然建筑材料

3.5.1 天然建筑材料应按不同设计阶段要求的精度进行勘察。

3.5.2 在天然骨料缺乏或开采不经济时，应进行人工骨料料源勘察，并对其储量、质量和开采、运输条件作出评价。

4 水利及动能计算

4.1 一般规定

4.1.1 水利动能设计应坚持水资源综合利用和综合治理的原则，妥善处理需要与可能、近期与远景、上游与下游等方面的关系以及水资源开发与生态环境、征地移民的关系，经济合理地开发水资源。

4.1.2 水利动能设计应以流域综合规划或河流（河段）规划和电力规划为基础。主要内容应包括：根据综合利用各部门要求确定电站的开发任务、供电范围，选择设计保证率和设计水平年，确定电站的规模和特征值，研究水库和电站的运行方式，阐明工程效益。

4.1.3 水利动能设计应在收集和分析当地社会经济、自然条件、电力系统、生态环境保护等基本资料和综合利用要求的基础上进行。

4.2 径流调节计算

4.2.1 径流调节计算应收集长系列逐月（旬）径流、典型年逐日径流，电站下游水位流量关系曲线，水库库面蒸发和库区渗漏，水库水位-容积、面积关系曲线，综合利用部门需水要求、生态用水要求等资料。

4.2.2 径流调节计算应根据电站的调节性能和各部门用水要求，进行水量平衡，计算电站保证出力、多年平均发电量和特征水头，阐明电站运行特征和效益。

4.2.3 电站设计保证率可根据系统中水电站容量占电力系统容量的比重、设计电站的调节性能和容量大小等因素，在80%～

90%范围内选取。

4.2.4 径流调节计算应采用时历法。对于多年调节水库及年调节水库，应采用长系列（不少于30年），按月（旬）平均流量进行计算；无调节或日调节电站，根据资料条件，可采用长系列逐日平均流量计算，也可采用典型年日平均流量计算。典型年可选择丰水、平水、枯水三个代表年，也可增加平偏丰水、平偏枯水两个代表年。

4.2.5 当设计电站的上、下游有已建或在设计水平年内拟建的水利水电工程时，应进行梯级电站径流调节计算。

4.2.6 保证出力应根据径流调节计算结果绘制出力保证率曲线，按选定的设计保证率确定。

4.2.7 多年平均发电量可采用长系列年电量或典型年年电量的平均值。

4.3 洪水调节及防洪特征水位选择

4.3.1 洪水调节计算应根据工程防洪标准及下游防洪要求，对拟定的泄洪建筑物规模及汛期限制水位进行技术经济比较，确定汛期限制水位、设计洪水位及校核洪水位。

4.3.2 汛期限制水位应按照防洪与兴利相结合的原则，根据不同汛期限制水位对主要兴利目标、下游防洪、泥沙淤积、库区淹没、工程投资等的影响，综合分析确定。

4.3.3 对于梯级水库，应分析梯级中各水库的防洪标准、防洪任务、洪水调度原则等，使设计电站的防洪运行方式与梯级中其他水库相协调。

4.4 正常蓄水位和死水位选择

4.4.1 正常蓄水位选择应根据河流梯级开发方案、综合利用要求、工程建设条件、泥沙淤积、水库淹没、生态环境等因素，拟定若干方案，通过技术经济论证及综合分析确定。

4.4.2 死水位选择应分析各部门对水位的要求及水库泥沙淤积、

水轮机运行工况等因素，经综合分析确定。

4.5 装机容量及机组选择

4.5.1 装机容量应在分析水库的调节性能、综合利用要求、系统设计水平年的负荷及其特性、供电范围、电源结构的基础上，计算各装机方案的年发电量、发电效益和相应费用，结合电力电量平衡，综合比较后确定。

4.5.2 设计水平年可参照系统国民经济计划、本电站的规模及其在系统内的比重确定。系统中的骨干电站可采用第一台机组投产后5年～10年为电站设计水平年。

4.5.3 电站的供电范围宜根据地区电力系统发展规划、水电站的规模及其在电力系统中的作用分析确定。

4.5.4 灌溉和供水为主的水库电站，其装机容量的选择应以灌溉和供水流量过程为依据，选择若干装机方案，进行技术经济比较确定。

4.5.5 装机容量选择时，其引用流量应与上、下游梯级电站相协调。

4.5.6 水轮机额定水头应根据电站水头变化特性、加权平均水头等确定。高水头引水式电站的额定水头可取最小水头；其他型式电站的额定水头，可按额定水头与加权平均水头的比值在0.85～0.95之间选择，且额定水头不宜高于汛期加权平均水头。

4.5.7 水轮机机型及机组台数应根据电站的出力、水头变化特性、枢纽布置、设备制造水平及电力系统的运行要求等因素，计算不同方案的效益与费用，通过综合分析比较选择。为保证电力系统运行安全灵活，机组台数不宜少于2台。

4.5.8 选定电站装机容量后，应结合系统电力电量平衡，计算分析电站有效电量。对不进行电力电量平衡的电站，可采用有效电量系数折算有效电量。

4.6 引水道尺寸及日调节池容积选择

4.6.1 引水式水电站引水道尺寸和日调节池容积的选择，应根据地形、地质、冰凌、泥沙淤积、电站装机容量、日运行方式等分析比较确定。

4.6.2 引水道尺寸应计算各方案的电量效益及费用，通过方案比较选择。

4.6.3 日调节池容积可按设计保证率条件下经调节后能满足日负荷运行要求所需的库容确定。安全系数可采用1.1～1.2。

4.6.4 当没有其他综合利用部门限制时，梯级水电站日调节池容积宜按梯级水电站同步运行选择。

4.7 水库泥沙淤积分析及回水计算

4.7.1 当库容和入库年输沙量之比（以下简称库沙比）小于30时，工程泥沙问题较为突出，应根据水沙特性、水库形态、泄流规模以及泥沙淤积对水库淹没、生态环境影响等因素，拟定排沙减淤的水库泥沙调度方式；当库沙比大于30时，工程泥沙问题不突出，若水库无重要敏感淹没对象或其他设施，可不考虑泥沙淤积的影响，不作水库泥沙调度方式研究。

4.7.2 对天然含沙量较大（指多年平均含沙量大于1.0kg/m^3）的多沙河流，宜进行水库沉降泥沙的分析计算，提出枢纽引水防沙措施。

4.7.3 对高水头电站，应提出过机含沙量等成果。

4.7.4 水库泥沙冲淤计算时，根据水沙特性、水库泥沙调度方式、水文资料条件等，可选用不同的计算方法。资料条件较差时，可用类比法或经验法计算；资料条件较好时，可采用数学模型计算，主要参数应用实测资料率定，并提出相应泥沙淤积部位、淤积量及对调节库容的影响等成果。

4.7.5 水库回水计算应根据河道条件、水库特性、水库运用方式，

按满足设计要求的流量，推求建库前天然水面线及建库后泥沙淤积预测年限的库区回水水面线。

4.8 水库运行方式与多年运行特性

4.8.1 应根据选定的参数，并考虑综合利用要求、已建成的梯级情况，提出水库调度运行方式。

4.8.2 应根据水库运行方式，提出多年运行特性。

5 工程布置及建筑物

5.1 一 般 规 定

5.1.1 工程等别及建筑物级别应符合下列规定：

1 电站工程应根据其规模分为Ⅳ、Ⅴ两等，其等别应按表5.1.1-1的规定确定；

表 5.1.1-1 电站工程的等别

工程等别	工程规模	装机容量（MW）	水库总库容（万 m^3）	灌溉面积（万亩）	防洪保护农田（万亩）
Ⅳ	小(1)型	50～10	1000～100	5～0.5	30～5
Ⅴ	小(2)型	<10	100～10	<0.5	<5

注：1 表中的水库总库容指水库最高水位以下水库静库容。

2 综合利用的水利水电工程，当按其各项用途分别确定的等别不同时，应以其中的最高等别确定整个工程的等别。

2 水工建筑物的级别应根据其所属工程的等别按表5.1.1-2的规定确定；

表 5.1.1-2 水工建筑物的级别

工程等别	永久性水工建筑物级别	
	主要建筑物	次要建筑物
Ⅳ	4	5
Ⅴ	5	5

3 水库大坝的坝高超过表 5.1.1-3 规定时，其级别可提高一级，但洪水标准可不提高。

表 5.1.1-3 水库大坝提级的指标

坝的原级别		4	5
坝高(m)	土石坝	50	30
	混凝土坝、砌石坝	70	40

注:1 当水工建筑物的工程地质条件复杂或采用新坝型、新型结构时,可提高一级,但洪水标准不予提高。

2 当水库总库容大于或等于 1000 万 m^3 或土石坝坝高超过 50m、混凝土坝和砌石坝超过 70m 时,以及其他因素使建筑物级别高于 4 级时,其挡水和泄水建筑物设计尚应符合国家现行的有关标准的规定。

5.1.2 水工建筑物的洪水标准应符合下列规定:

1 水库工程水工建筑物的洪水标准应按表 5.1.2 的规定确定;

表 5.1.2 水库工程水工建筑物的洪水标准

水工建筑物级别	洪水标准[重现期(年)]				
	山区、丘陵区			平原区、滨海区	
	设计	校核		设计	校核
		混凝土坝、砌石坝及其他水工建筑物	土石坝		
4	50~30	500~200	1000~300	20~10	100~50
5	30~20	200~100	300~200	10	50~20

2 当山区、丘陵区的水利水电工程永久性建筑物的挡水高度低于 15m,且上下游水头差小于 10m 时,其洪水标准宜按平原区、滨海区的规定确定;当平原区、滨海区的水利水电工程永久性建筑物的挡水高度高于 15m,且上下游水头差大于 10m 时,其洪水标准宜按山区、丘陵区的规定确定;

3 当土石坝一旦失事将对下游造成特别重大灾害时,4 级建筑物的校核洪水标准可提高一级;

4 低水头或失事后损失不大的水库工程挡水和泄水建筑物,经过专门论证并报主管部门批准,其校核洪水标准可降低一级。

5.1.3 山区、丘陵区非挡水厂房的洪水标准应根据其级别按表5.1.3的规定确定。河床式水电站厂房，其挡水部分洪水标准应与主要挡水建筑物的洪水标准一致；其副厂房、主变压器场、开关站和进厂交通的洪水标准应按表5.1.3的规定确定。平原区、滨海区厂房的洪水标准应按本规范表5.1.2的规定确定。

表5.1.3 非挡水厂房的洪水标准

水工建筑物级别	洪水标准[重现期(年)]	
	设计	校核
4	50～30	100
5	30～20	50

5.1.4 电站型式按开发方式可分为堤坝式、引水式、混合式电站。

5.1.5 地震设计烈度为7度及以上的地区，水工建筑物应进行抗震设计。

5.1.6 枢纽总体布置及水工建筑物设计宜根据工程的具体情况具备下列基本资料：

1 工程区地形图，测图项目及比例尺可按表5.1.6的规定选用；

表5.1.6 测图项目及比例尺

序号	测图项目	比例尺
1	库区	1∶2000～1∶10000
2	坝段	1∶500～1∶2000
3	坝(闸)址、渠首、溢洪道等	1∶200～1∶2000
4	隧洞(含施工支洞)进出口、渡槽、调压井、管道、厂房等	1∶200～1∶2000
5	渠道	1∶500～1∶5000
6	施工场地、天然料场	1∶500～1∶5000

注：地质测图比例尺宜与相同部位的地形测图比例尺一致。

2 工程地质勘察报告和图纸；

3 气象、水文资料及水利、动能计算成果；

4 流域规划及水资源综合利用资料；

5 环境保护、水土保持有关资料；

6 水力机械、电气及金属结构资料；

7 施工条件资料；

8 上级主管部门的有关批复文件。

5.2 工程布置

5.2.1 坝址(线)、厂址的选择应根据地形地质条件、枢纽布置、运行条件、施工条件、建设征地、淹没损失、环境影响、工程量、投资及水能资源合理利用等因素，经技术经济比较后选择。

5.2.2 枢纽总体布置应满足综合利用的要求，通过技术经济比较，合理布置挡水、泄水、引水、发电、通航和生态放水等建筑物。

5.2.3 堤坝式电站的挡水建筑物为混凝土坝、砌石坝时，厂房可采用坝后式或河床式布置，河床狭窄时也可采用河岸式布置；挡水建筑物为土石坝时，厂房可采用河岸式布置。

当受泥沙淤积影响时，进水口应设置防沙、排沙设施。

5.2.4 河床式电站厂房宜选择在河床稳定、水流平顺的河段上，并有利于电站取水、排沙、泄洪、航运、对外交通及施工导流。

5.2.5 引水式电站的首部枢纽可采用无坝或低坝(含底格栏栅坝)引水。在弯曲河段上，进水口宜设置在凹岸弯道顶点偏下游的稳定河岸处，并应采取防沙、排沙措施。

5.2.6 混合式电站的挡水建筑物为混凝土坝、砌石坝时，进水口可布置在坝身或岸边，当受泥沙淤积影响时，应靠近枢纽排沙设施布置；挡水建筑物为土石坝时，进水口宜布置在岸边。

5.2.7 灌溉渠道上的电站宜结合跌水或陡坡建筑物统筹布置。

当电站与跌水建筑物分建时，其引水渠、尾水渠与渠道的衔接应使水流流态稳定。

5.2.8 在有通航建筑物的枢纽中，厂房和通航建筑物宜分别布置

在河床两岸；当需要布置于同一岸时，宜采取工程措施满足通航水流和交通要求。

5.2.9 电站所在河流的漂浮物或冰凌较多时，其引水建筑物的进水口附近应采取拦截、排除措施。

5.2.10 电站各建筑物布置宜避开高陡边坡，不能避开时，应进行边坡稳定分析。对不稳定的边坡与危岩体，应采取工程措施。

5.3 挡水建筑物

5.3.1 挡水建筑物的型式应根据地形地质条件、坝高、建筑材料、运行条件、施工条件、工期、工程量及投资等因素，经技术经济比较确定。

5.3.2 重力坝布置应符合下列要求：

1 重力坝宜建在岩基上，低坝可建在密实的砂砾石地基或土基上，对于建在软黏土等软弱地基上的低重力坝，必须有可靠的基础处理措施；

2 坝身泄洪、引水、发电、排沙建筑物的布置应避免相互干扰；

3 当采用碾压式混凝土重力坝时，坝体结构布置应有利于碾压混凝土施工；

4 应进行固结灌浆、帷幕灌浆和排水等坝基处理设计，满足坝基强度、抗滑稳定、抗渗和耐久性要求；

5 应根据大坝各分区的工作条件、地区气候等具体情况，进行大坝混凝土分区设计，满足坝体强度、抗渗、抗冻、耐磨等要求。

5.3.3 重力坝应进行抗滑稳定及坝基应力分析计算；对非岩基上的重力坝，还应进行渗流及沉降的分析计算。

5.3.4 拱坝布置应满足下列要求：

1 拱坝宜修建在河谷较狭窄、地质条件较好的坝址上；

2 拱坝轴线宜选在河谷两岸厚实的岩体上游；

3 拱坝体形设计应综合考虑坝体应力和拱座稳定要求，应优

先选用抛物线、椭圆和对数螺旋线等变曲率拱型，水平拱圈最大中心角宜取 75°～110°；

4 当坝址河床有局部深槽时，宜设计成有垫座的拱坝。当坝址两岸上部地形开阔或工程地质条件较差时，宜设置重力墩或推力墩与拱坝连接；

5 枢纽各建筑物的布置不应对拱坝应力及稳定产生不利影响。

5.3.5 拱坝应进行坝体应力及拱座稳定分析计算。

5.3.6 土石坝可根据下列条件，分别采用均质坝、分区坝及人工防渗材料坝：

1 筑坝材料的种类、性质、数量、位置、开采运输条件以及开挖弃料的利用；

2 枢纽布置、地形、地质、基础处理型式、坝体与泄水、引水建筑物的连接及地震烈度等；

3 施工导流与度汛、气象条件、施工条件及进度要求。

5.3.7 当天然防渗材料储量或质量不能满足要求或不经济时，坝体的防渗体可采用沥青混凝土、钢筋混凝土、土工织物等人工材料。

5.3.8 土石坝应根据坝型、坝高进行抗滑稳定、渗流及沉降的分析计算。

当混凝土面板坝采用厚度大于 2m 的厚趾板、高趾墙或趾板下基岩内有软弱夹层时，应对趾板进行稳定及应力分析计算。

5.3.9 橡胶坝宜建在河道顺直、河床及岸坡稳定、泥沙少的河段上，坝高不宜大于 5m。橡胶坝宜与水闸联合设置。

5.3.10 岩石地基上挡水建筑物的地基处理和岸坡连接设计应满足强度、抗滑稳定、渗流稳定和绕坝渗漏及耐久性的要求。

5.3.11 非岩石地基上挡水建筑物的地基处理设计宜采用铺盖、截水墙、换基等工程措施；对深厚覆盖层的地基处理，可采用高喷、混凝土防渗墙、振冲等工程措施，满足强度、变形、防渗、排水、减少

不均匀沉陷和抗冲刷等要求。

5.4 泄水建筑物

5.4.1 电站泄水建筑物的型式、尺寸及高程应根据地形、地质、枢纽布置、泥沙、泄量、工程量、施工、投资等条件，经技术经济比较确定。

5.4.2 电站放水孔的设置应根据供水、环保、排沙、检修或其他要求确定。

5.4.3 土石坝的泄水建筑物宜采用开敞式溢洪道；当受条件限制时，可采用开敞式进口的无压泄洪隧洞。应做好溢洪道与土石坝的连接设计，以满足强度、抗滑稳定和渗流稳定的要求。

5.4.4 混凝土坝、砌石坝宜采用坝顶溢流，也可采用坝身泄水孔或隧洞泄洪的方式。

5.4.5 河床式电站宜采用闸、坝泄洪。

5.4.6 泄放设计洪水时，应保证挡水建筑物及其他主要建筑物的安全，满足下游河道的防洪要求；泄放校核洪水时，应保证挡水建筑物的安全。

5.4.7 泄洪建筑物的下游应设置消能和防护设施。消能方式应根据上、下游水位及泄量、地形、地质、运行方式等条件，经技术经济比较确定。

5.4.8 泄水建筑物应进行泄流能力、水面线、高速水流的掺气及防空蚀、消能防冲等水力计算。对泄量大、水流流态复杂的泄水建筑物，宜进行水工模型试验。

5.4.9 开敞式溢洪道应布置在稳定的地基上，轴线宜取直线，进、出口水流宜顺畅、水面衔接平稳，下泄水流距坝体和其他建筑物应有安全距离。

5.4.10 泄洪隧洞应经技术经济比较选择有压流或无压流，对高流速的泄水隧洞，在同一段内不得采用有压流与无压流相互交替的工作方式。

5.4.11 泄洪隧洞、放水底孔经技术经济比较，可与施工导流洞相结合。

5.4.12 泄洪闸底槛高程应根据洪水调节、泄洪排沙、堰型、门型、施工导流等条件和河床的地形及演变趋势，经技术经济比较确定；底槛高程不宜低于河床高程。

5.4.13 软基上的泄洪闸应采用整体式结构布置，并保持结构布置匀称。闸室底板在中等紧密地基上或地震设计烈度为7度及以上地震区宜采用整体式平底板，在紧密地基上可采用分离式平底板、箱式平底板、折线底板、反拱底板等；在地基表层松软时可采用低堰底板。

5.4.14 岩基上的泄洪闸的闸室底板可采用分离式平底板，在地震设计烈度为7度及以上地震区宜采用整体式平底板。

5.4.15 软基上的泄洪闸的闸室上游应设铺盖。下游消能方式宜采用底流消能，并根据情况设置护坦、海漫、防冲墙、防冲槽等。

在夹有较大砾石的多泥沙河流上的水闸，下游不宜设消力池；可采用斜坡护坦急流衔接的消能方式，设置抗冲耐磨的斜坡护坦与下游河道连接，末端应设置防冲墙或防冲槽。

山区性河道泄洪闸下游护坦、海漫宜采用整体性好的材料。

5.4.16 泄水建筑物应根据不同型式，分别进行下列结构强度和稳定计算：

1 开敞式溢洪道和泄洪闸闸室稳定性、地基应力、结构强度；

2 溢洪道陡槽及消能设施的稳定性及结构强度；

3 泄洪隧洞衬砌结构强度；

4 泄洪闸渗透稳定性及软基的地基沉陷量。

5.5 引水建筑物

5.5.1 引水建筑物的型式应根据电站的开发方式、使用要求、地形地质条件和挡水建筑物的类型，结合枢纽总体布置和施工条件，经技术经济比较确定。

5.5.2 进水口设计应符合下列要求：

1 在各级运行水位下，应水流顺畅、流态平稳、进流均匀，满足引用流量的要求；

2 应避免产生贯通式漏斗漩涡；

3 泥沙淤积影响取水或影响机组安全运行时，应设置防沙和冲沙设施；

4 在多污物河流上应设置防污、排污设施，严寒地区应设置防冰、排冰设施。

5.5.3 岸边开敞式进水口位置宜选在稳定河段上，对多泥沙河流，进水口宜选在弯曲河段凹岸弯道顶点的下游附近；在漂浮物和冰凌严重的河段，宜选在直河段。进水口底板高程应高于冲沙闸底板和冲沙廊道进口高程，其高差不宜小于1.0m。

5.5.4 潜没式进水口底板高程应高出孔口前缘水库冲淤平衡高程，其顶缘在上游最低运行水位以下的淹没深度，应满足进水口不产生贯通式漏斗漩涡和不产生负压的要求，并不小于1.0m。

5.5.5 开敞式进水口前拦沙坎的设置应满足进水要求，其高度应根据进水口淹没水深、河道来沙情况及冲沙建筑物布置综合确定，不宜低于1.5m；或为冲沙槽内水深的50%左右。拦沙坎前缘与冲沙闸前缘的夹角宜采用105°～110°。

5.5.6 采用底格栅取水时，栅条应沿流向布置。栅格间隙宜采用1cm～1.5cm。栅条宜采用梯形断面，宽度宜采用1.2cm～2.0cm。

5.5.7 进水口应进行水头损失、引水流量、有压进水口的通气孔面积和竖井式进水口上游管道的水锤压力等水力计算。

5.5.8 进水口建筑物应满足稳定、强度、刚度和耐久性的要求，并根据不同型式分别进行下列计算：

1 进水口整体抗滑、抗浮稳定；

2 坝式进水孔口应力；

3 塔式、岸塔式进水口塔座和塔身结构强度、刚度及开敞式进水口闸室结构强度；

4 岸坡式进水口和竖井式进水口洞身结构强度。

5.5.9 引水隧洞的线路选择应符合下列要求：

1 隧洞线路宜顺直，其转弯半径不宜小于洞径（或洞宽）的5倍，转角宜小于60°，弯曲段首尾宜设直线段，其长度宜大于5倍洞径（或洞宽）；

2 进、出口宜布置在地质构造简单、山坡稳定、风化或覆盖层较浅的地段，并避免高边坡开挖；

3 洞线与岩层、构造断裂面及主要软弱带走向宜有较大的交角，对块状、厚层状的坚硬完整岩体，交角不宜小于30°；对薄层岩体，交角不宜小于45°；并宜避开严重构造破碎带、软弱结构面及地下水丰富地段，无法避免时，应提出工程措施；

4 相邻两隧洞间的岩体厚度不宜小于2倍洞径（或洞宽），岩体较好时可适当减小，但不应小于1倍洞径（或洞宽）；

5 应有利于施工支洞的布置。

5.5.10 引水隧洞垂直和侧向最小岩体厚度应根据地质条件、隧洞断面形状及尺寸、施工或成洞条件、内水压力、衬砌型式、围岩渗透特性等因素，综合分析确定，并应符合下列要求：

1 隧洞进出口和无压隧洞洞身，在采取了合理的施工方法和工程措施可保证施工期及运行期安全时，对垂直及侧向最小岩体厚度不作具体规定；

2 有压隧洞洞身垂直和侧向岩体厚度，当围岩较完整、无不利结构面、采用混凝土或钢筋混凝土衬砌时，可按不小于40%内水压力水头控制；无衬砌或采用锚喷混凝土衬砌时，可按不小于1.0倍内水压力水头控制。

5.5.11 引水隧洞的纵坡应根据运用要求、上下游衔接、沿线建筑物底部高程、施工条件、检修条件等因素综合分析确定，沿程不宜设平坡和反坡。

5.5.12 有压引水隧洞全线洞顶以上的压力水头，在最不利运行工况下，不应小于2.0m。

5.5.13 引水隧洞的横断面设计应符合下列规定：

1 压力隧洞宜采用圆形断面，其断面尺寸应根据隧洞工程投资和电能损失等综合分析比较确定，隧洞最小内径不宜小于1.8m。对工程地质条件较好的小断面隧洞，也可采取其他断面型式。

2 无压隧洞宜采用圆拱直墙式断面或马蹄形断面。圆拱直墙式断面的圆拱中心角可选用90°～180°，高宽比可选用1～1.5。洞宽不宜小于1.5m，且洞高不宜小于1.8m。在恒定流条件下，洞内水面线以上空间面积不宜小于隧洞断面面积的15%，且高度不宜小于0.4m；在非恒定流条件下，上述数值可减小。

5.5.14 引水隧洞应进行过流能力、上下游水流衔接、水头损失、水锤压力、压坡线以及水面线等水力计算。

5.5.15 引水隧洞根据围岩的强度、完整性、渗透性，可采用喷锚衬砌、混凝土衬砌、钢筋混凝土衬砌或钢板衬砌。

5.5.16 引水隧洞的混凝土和钢筋混凝土衬砌，强度等级不应低于C20。单层钢筋混凝土衬砌厚度不宜小于25cm；双层钢筋混凝土衬砌厚度不宜小于30cm。限裂设计允许最大裂缝宽度不应超过0.30mm；当水质有侵蚀性时，不宜超过0.25mm。

5.5.17 采用喷锚衬砌的引水隧洞，其洞内允许流速不宜大于8m/s。喷混凝土厚度，无钢筋网时宜为8cm～12cm，有钢筋网时宜为10cm～25cm；喷混凝土强度等级不应低于C25。

5.5.18 引水隧洞的混凝土和钢筋混凝土衬砌顶部应进行回填灌浆。

灌浆的范围、孔距、排距、压力及浆液浓度等应根据衬砌结构的型式、隧洞工作条件及施工方法等分析确定，灌浆孔应深入围岩5cm以上。地质条件差的地段，宜采用固结灌浆处理，固结灌浆的参数可通过工程类比或现场试验确定。

5.5.19 土石坝不宜设置坝内埋管引水；有条件的除险加固土石坝应封堵坝内埋管，在岸坡山体内布置引水隧洞。当土石坝确需设置坝内埋管引水时，应符合下列要求：

1　管基应置于均匀、坚硬的岩石地基或均匀、密实的土基上；

2　引水管的强度和刚度应满足要求；

3　引水管轴线应垂直于大坝轴线；

4　引水管应设置伸缩缝和沉陷缝，其分缝长度宜为15m～20m；钢筋混凝土管的分缝内设两道止水，并在接缝处外侧设置反滤层；

5　引水管周围坝体填筑质量应满足坝体和坝基渗流稳定要求；引水管穿过防渗体处应设置截流环，并加大防渗体断面尺寸；防渗体下游面与埋管接触处应做好反滤层，将埋管包裹起来；

6　闸门应设在大坝上游侧。

5.5.20　调压室的设置应在机组调节保证计算和运行条件分析的基础上，根据电站在电力系统中的作用、地形、地质、压力管道布置等因素，经技术经济比较确定。

初步判别设置调压室条件时，可根据压力管道中水流惯性时间常数判断，当其大于允许值时应设调压室，允许值宜取2s～4s。当电站孤立运行或机组容量在电力系统中所占的比重超过50%时，允许值宜取小值；当电站机组容量在电力系统中所占比重小于20%时，允许值宜取大值。

5.5.21　调压室的位置宜靠近厂房，并结合地形、地质、压力管道布置等因素，经技术经济比较确定。

5.5.22　调压室的型式应根据电站的工作特性，结合地形、地质条件及各类调压室的特点，经技术经济比较确定。

5.5.23 调压室断面面积和高度应分别满足波动稳定和涌波要求。

5.5.24　调压室最高涌波计算时，引水道的糙率宜取其小值。当水库水位为正常蓄水位时，应以共用同一调压室全部机组满载丢弃全负荷作为设计工况；当水库水位为校核洪水位时，相应工况应作校核。

5.5.25　调压室最低涌波计算时，引水道的糙率宜取其大值。水库水位取为死水位，计算共用同一调压室的全部 n 台机组由（n－

1)台增至 n 台或全部机组由 2/3 负荷突增至满载的最低涌波；并复核全部机组瞬时丢弃全负荷时的第二振幅。

5.5.26 调压室涌波水位计算，应对可能出现的涌波叠加不利工况进行复核。当叠加的涌波水位超过最高涌波水位或低于最低涌波水位时，可调整运行方式或修改调压室断面尺寸。

5.5.27 调压室最高涌波水位以上的安全超高不宜小于 1.0m。调压室最低涌波水位与压力引水道顶部之间的安全高度不应小于 2.0m。调压室底板应留有不小于 1.0m 的安全水深。

5.5.28 调压室的衬砌应根据围岩类别，采用锚杆钢筋网喷混凝土或钢筋混凝土衬砌，其围岩宜进行固结灌浆；在寒冷地区尚应有防冻设施。

5.5.29 调压室上部及外侧边坡应进行稳定分析及加固处理，其附近宜设排水设施，顶部应设置安全保护设施；在寒冷地区尚应有保温设施。

5.5.30 调压室的运行要求应根据电站的上游水位、下游水位、运行特性、压力管道和调压室的结构型式等确定。

5.5.31 引水渠道线路的选择和布置应符合下列要求：

1 宜避开地质构造复杂、渗透性大及有崩滑、塌(湿)陷、泥石流等地质地段，避免深挖和高填方，少占地，少拆迁；

2 渠线宜顺直。如需转弯，衬砌渠道的弯曲半径不宜小于渠道水面宽度的 2.5 倍，不衬砌渠道的弯曲半径不宜小于水面宽度的 5 倍；严寒地区渠道线路宜沿阳坡布置，弯曲半径不宜小于水面宽度的 5 倍；

3 应择优选定渠道建筑物的位置和型式。

5.5.32 引水渠道的型式应结合地形、地质、运行及枢纽总布置等条件，经技术经济比较分别选用自动调节渠道、非自动调节渠道或两者相结合的调节渠道。

5.5.33 引水渠道水力设计应进行下列计算：

1 电站在正常运用条件下，按明渠均匀流确定渠道的基本尺

寸和前池特征水位，推求各部位的水深、流速和水面高程；

2 电站突然增荷时，按非恒定流方法计算渠道末端最低水位；机组全部丢弃负荷时，自动调节渠道按非恒定流方法推算水面线；

3 泄水建筑物的水力计算。

5.5.34 引水渠道的纵坡和横断面应根据地形、地质、水力条件，经技术经济分析确定。地面坡降陡且起伏大、地下水位低的山丘及严寒地区的渠道宜采用窄深式断面，地势平坦、地下水位高、地基土冻胀性强及有综合利用要求的渠道宜采用宽浅式断面，山区傍山渠道宜采用封闭的矩形箱式断面。

5.5.35 非自动调节渠道的泄水建筑物型式宜采用泄水闸、侧堰、或虹吸式泄水道。在有控制水位、调节流量及配水要求的引水渠道上应设置节制闸。引水渠道两侧应设排水设施。严寒地区应采取防冻措施和设置排冰设施。多沙河流上的引水渠道应设置沉沙、排沙设施。

5.5.36 引水渠道的流速，非衬砌渠道应限制在不冲、不淤流速范围内；衬砌渠道及输冰运行的渠道宜采用1.0m/s～2.0m/s。

5.5.37 引水渠道的防渗可选用混凝土衬砌、浆砌块(卵)石衬砌或复合土工膜等。

5.5.38 前池布置应符合下列要求：

1 前池的位置宜避开滑坡、顺坡裂隙发育和高边坡地段，并结合压力管道的线路和厂房位置，选择在坚实稳定、透水性小的地基上，并应分析前池建成后水文地质条件变化对边坡稳定的影响；

2 前池的容积和水深应满足电站负荷变化时前池水位波动小和沉沙的要求。当前池用作调节池时应满足调节要求；

3 引水渠道与前池连接段宜对称布置，扩展角不宜大于12°，底部纵坡宜小于或等于1∶5；

4 压力管道进水口顶缘最小淹没深度应符合本规范第

5.5.4条的规定。前池末端底板高程应低于进水室底板高程0.5m以上；

5 前池应设置排沙、放空设施，其型式宜采用冲沙廊道（洞）。寒冷地区还应设拦冰、导冰、排冰设施；

6 前池内电站进水口可采用闸门控制或虹吸式取水；

7 非自动调节渠道电站前池的泄水建筑物宜采用侧堰式泄水道，其泄流能力应满足电站全部机组丢弃负荷时的最大流量要求，并应保证消能安全。

5.5.39 调节池的设置应根据电站的需要，结合地形、地质条件等经技术经济比较确定。其布置应符合下列要求：

1 调节池的位置应根据所需的调节容积和消落深度，结合地形、地质条件选择，宜利用天然洼地；

2 调节池的布置方式应根据地形、地质条件选择，可采用与引水渠相结合或相连通、与前池相结合或相连通、通过连接管（渠）直接向压力管道或前池供水等方式。调节池与各连接建筑物的水流衔接应经水力计算确定。

5.5.40 前池应进行电站正常运行突然丢弃负荷时的最高涌波和突然增加负荷时的最低涌波计算。前池的最高水位，对自动调节渠道为最高涌波水位；对非自动调节渠道为溢流堰上最高水位。前池墙顶超高可按渠顶超高加0.1m～0.3m。

5.5.41 前池、调节池建筑物应满足稳定、强度、变形、抗裂、抗渗及抗冻等方面的要求。其压力墙应按挡水建筑物的要求进行稳定和强度计算。

5.5.42 压力管道应根据电站水头、应用条件等，经技术经济比较分别选用钢筋混凝土管、钢管、夹砂玻璃钢管、钢套筒混凝土管及钢套筒预应力混凝土管等。

5.5.43 压力管道的线路应根据工程总布置，结合地形、地质、施工、运行条件，经技术经济比较选择。线路宜短而直。

5.5.44 压力管道的供水方式应根据电站水头、开发方式、引用流

量及管道类型，结合地形、地质条件和工程布置等，经技术经济比较分别选用单元供水、联合供水或分组供水方式。每根压力管道连接的机组台数不宜超过3台。

5.5.45 压力管道内径应根据电站的水头、管道类型、工程量、投资及电能损失等，经技术经济比较确定。管内经济流速，混凝土管可采用2.5m/s～3.5m/s，钢管可采用3.0m/s～6.0m/s。

5.5.46 露天式压力管道(明管)的布置应符合下列要求：

1 管线应避开滑坡和崩塌地段，个别管段不能避开山洪、坠石影响时，可布置为洞内明管、地下埋管或外包混凝土管；

2 在管道转弯处、分岔处、隧洞与钢管接头处、混凝土管与钢管接头处，应设置镇墩，并应在镇墩下游侧设伸缩节。当直管段长度大于150m时，应在其间加设镇墩。两镇墩间管道可用支墩或管座支承，支墩间距宜采用6m～12m。镇墩、管座的地基应坚实稳定；

3 管道底部应高出地表0.6m以上，管道顶部应在最低压力线以下2m；

4 明管应设纵向排水沟，并应与横向排水沟相连；沿管线应设维修人行道。

5.5.47 压力管道的壁厚应满足强度和外压稳定性要求，并经应力分析确定。压力管道承受的最大内水压力应通过水锤分析计算确定。

5.5.48 压力管道的分岔管可采用卜形、对称Y形或三岔形等布置方式。其分岔角可根据岔管型式和材料确定，钢筋混凝土岔管宜采用30°～60°，钢岔管宜采用45°～90°。

5.5.49 压力管道伸缩节型式可采用承插式、套筒式和波纹管式。承插式或套管式伸缩节的止水填料应具有高弹性、耐久性和低摩擦系数。当水头低于300m时，可采用橡胶石棉盘根；当水头高于300m时，宜采用聚四氟乙烯石棉盘根。

5.5.50 镇墩应进行抗滑稳定及地基应力计算，对非岩基上的镇

墩还应进行沉降计算；对可能产生不均匀沉陷的镇、支墩地基应采取相应的工程处理措施。

压力管道支座型式可按管径等因素选择鞍形滑动支座、平面滑动支座、滚动支座、摆动支座等型式。

5.5.51 压力钢管应设置进人孔，其孔径不应小于450mm，间距不宜大于150m。压力钢管最低点宜设置排水装置。高水头压力钢管排水口宜设置消能设施。

5.5.52 压力钢管的内表面应喷涂耐磨、防锈、防腐涂料，外表面应根据敷设方式进行相应的防腐蚀处理。严寒地区尚应有防冻设施。

5.5.53 焊接成型的钢管应进行焊缝探伤检查和水压试验。试验压力值不应小于1.25倍正常工作情况最高内水压力，也不得小于特殊工况的最高内水压力。

5.5.54 地下埋藏式压力管道布置应符合下列要求：

1 地下埋管线路应选择在地形、地质条件好的地段；

2 地下埋管宜采用单管供水方式，若采用多管供水方式，相邻两管间距不宜小于2倍管径；

3 洞井型式、压力管道坡度应根据布置要求、地质条件、施工条件综合分析确定；

4 地下水位高的地段宜设置排水设施，并应布置观测井或测压计。

5.5.55 地下埋管衬砌混凝土的强度等级不应低于C20。其平洞、斜井应进行顶拱回填灌浆，灌浆压力不宜小于0.2MPa。钢管和岩石联合受力的地下埋管应进行钢管与混凝土、混凝土与岩石之间的接缝灌浆，灌浆压力宜采用0.2MPa。地下埋管的围岩宜进行固结灌浆，灌浆压力不宜小于0.5MPa。

5.5.56 地下埋管中，钢管与引水隧洞或调压室的混凝土衬砌连接处的钢管首端应设止水环。钢管管壁与围岩之间的净空尺寸应满足施工要求。

5.6 厂房及开关站

5.6.1 电站厂房的型式应结合枢纽布置、地形、地质、上下游水位变幅等因素，经技术经济比较选定。

5.6.2 地面式厂房的厂区布置应符合下列原则：

1 厂区与枢纽其他建筑物的布置相互协调；

2 主厂房、副厂房、主变压器场、高压引出线、开关站、进厂交通、发电引水及尾水建筑物的布置相互协调；

3 厂区布置的排水系统，当不能自流排水时设置专用的排水泵；

4 傍山厂房的山坡上设置防山洪及滚石的设施；

5 开关站和主变压器场的位置宜靠近厂房。当受地形限制时，主变压器和开关站可分开布置；

6 保护环境、绿化厂区。

5.6.3 地面式厂房的位置应根据地形地质条件，结合枢纽总体布置、厂房型式、防洪、通风、采光等要求，通过方案比较确定。当压力管道采用明管时，宜将厂房避开事故水流的主冲方向或采取其他防冲措施。

厂房位置宜避开冲沟口，当不能避开时，应采取相应防护设施；厂房位于高陡边坡下时，应对边坡稳定进行分析，并采取相应的安全保护措施。

5.6.4 电站尾水渠的布置宜避开泄洪建筑物出口水流的影响。当受条件限制时，尾水渠与泄洪建筑物出口之间应设置导流墙。

5.6.5 地面式厂房的防洪建筑物型式应根据水位变幅确定。当水位变幅小、地形条件允许时，宜在厂房外修建防洪墙或防洪堤；当水位变幅大时，可采用厂房挡水或设防洪门。

5.6.6 厂房主机室的高度和宽度应根据机电设备布置、机组安装和检修、设备吊运、通风和采光的要求确定。

5.6.7 主厂房机组间距应符合下列要求：

1　当采用卧式机组时，应满足安装和检修时能抽出发电机转子的要求，且机组之间的净距不应小于1.5m；

2　当采用立式机组时，宜按发电机风罩直径、蜗壳和尾水管的尺寸和平面布置确定，相邻混凝土蜗壳之间和尾水管之间的隔墩厚度不宜小于1.0m，设永久缝时不宜小于2.0m。金属蜗壳之间的隔墩厚度不宜小于1.0m，发电机风罩盖板之间的净距不宜小于1.5m；

3　边机组段的长度应结合安装场的位置、主机室与安装场的高差和起重机的起吊范围等因素确定。

5.6.8　安装间面积宜按1台机组扩大检修需要确定。安装间地面高程宜与发电机层高程相同；安装间宜布置于厂房一端，且与主厂房同宽。

5.6.9　厂房应设置通风、采光和减少噪声的措施；河床式厂房尚应设置防潮设施；严寒地区的地面式主、副厂房还应设置采(保)暖设施。

5.6.10　主机段与安装间及副厂房等相邻建筑物之间应根据地基情况和厂房布置设置永久变形缝。水下永久缝和承受水压的竖向施工缝应设止水，向下延伸至基岩的止水应与基岩牢固连接。

5.6.11　地面式厂房整体稳定及地基应力计算，应分别取中间机组段、边机组段、安装间段作为一个独立的单元，在各种荷载组合情况下进行下列计算：

1　沿建基面抗滑稳定和垂直正应力计算。当厂房地基内存在软弱层面时，还应复核厂房深层抗滑稳定；

2　高尾水位的厂房应进行抗浮稳定计算。

5.6.12　非岩石地基上的地面式厂房基础应满足地基强度、防渗、排水和减小不均匀沉陷的要求。

5.6.13　厂房所有结构构件应进行强度计算，对高排架的受压构件，尚应验算其稳定性。吊车梁、厂房构架以及需要控制变形值的构件应进行变形验算。对承受水压力的下部结构构件及在使用上

需要限制裂缝宽度的上部结构构件，应进行裂缝宽度验算；对直接承受振动荷载的构件，尚应进行动力计算。

5.6.14 电站厂房的建筑设计应技术先进、造型美观大方、方便使用，并与枢纽中其他建筑物相协调。

5.7 通航建筑物

5.7.1 通航建筑物的型式及布置应结合枢纽布置、地形、地质、泥沙、水流条件、运行条件、施工等因素，经技术经济比较确定。

5.7.2 通航建筑物不宜靠近进水口、厂房和溢洪道。如因条件限制需傍靠这些建筑物时，应采取安全措施。

5.7.3 通航建筑物上、下游引航道应与主航道平顺衔接，上、下游引航道口门区水流的流速、流态应满足通航要求，并应设置防止泥沙淤积的措施。

5.8 安全监测设计

5.8.1 水工建筑物应根据其重要性、型式、结构特性及地质条件等，设置安全监测设施。其监测的项目宜按表5.8.1的规定选择。

表5.8.1 主要水工建筑物安全监测项目

建筑物型式	混凝土坝砌石坝	土石坝	河床式厂房、闸坝	隧洞	调压室	压力管道	高陡边坡
观测项目	(1)上、下游水位；(2)扬压力；(3)渗漏水量；(4)位移、沉降；(5)伸缩缝变形；(6)上、下游冲淤	(1)上、下游水位；(2)浸润线；(3)渗漏水量、坝基渗透压力；(4)位移、沉降	(1)上、下游水位；(2)扬压力；(3)位移、沉降；(4)上、下游冲淤	(1)上、下游水位；(2)外水压力	(1)水位；(2)位移	(1)应力；(2)应变；(3)外水压力；(4)位移	(1)位移；(2)变形；(3)地下水位

5.8.2 安全监测设计应以外部观测为主，内部观测为辅。观测断面和观测点的选择应有代表性。

5.8.3 监测设施应有保护措施，并便于施工、安装和维护。

6 水力机械及采暖通风

6.1 水轮发电机组选择

6.1.1 水轮机型式、容量和台数的选择应根据水电站枢组布置、运行水头范围及特点，以及技术特性、经济指标和运行可靠性等方面，结合当前水轮机设计制造技术水平，经技术经济比较确定。

6.1.2 应根据运行水头范围及转轮特性，确定水轮机直径、转速、出力、效率和吸出高度等主要目标参数。

6.1.3 对于多泥沙河流水电站，应根据过机含沙量和泥沙特性，适当降低水轮机比转速，过流部件宜采用抗磨蚀材料或保护涂层。

6.1.4 双喷嘴冲击式机组，转轮公称直径大于1.4m时，宜采用立式布置。

6.1.5 转桨式水轮机的最大飞逸转速应按导叶和桨叶协联关系破坏的情况计算。混流式或定桨式水轮机的最大飞逸转速应按电站最大净水头和最大单位飞逸转速确定，冲击式水轮机的最大飞逸转速应按电站最大净水头确定。

6.1.6 水轮机安装高程应根据水轮机各种运行工况下必需的吸出高度和相应的尾水位确定，并符合下列规定：

1 装机大于2台时，宜满足1台机组在各种水头下最大出力运行时的吸出高度和相应尾水位的要求；

2 装机1台～2台时，宜满足1台机组在各种水头下50%最大出力运行时的吸出高度和相应尾水位的要求；

3 转桨式水轮机宜根据电站水头、流量、出力和转轮空化系数的实际组合工况进行计算确定，并满足尾水管出口顶部淹没0.5m以上的要求；

4 冲击式水轮机的安装高程应根据发电的最高尾水位确定，

并满足不小于0.3m的通气高度要求；

5 立式水轮机尾水管出口顶缘应低于最低尾水位0.5m，卧式水轮机尾水管出口的淹没水深应大于0.3m。

6.1.7 水轮机蜗壳和尾水管宜按制造厂推荐的型式和尺寸设计，肘形尾水管扩散段底板与水平面夹角宜为0°～12°。立轴式水轮机尾水锥管部分应设置金属里衬，肘管部分也可设置金属里衬，尾水管扩散段内平均流速大于6m/s应采用金属里衬。

6.1.8 水轮发电机的主要参数、结构型式和总体布置应满足电力系统、电站运行要求。

6.2 调速系统和调节保证计算

6.2.1 每台机组应设置一套包括调速器、油压装置及其附属设备组成的调速系统。

6.2.2 水轮机调节保证计算应根据电气主接线方式、电站引水系统、机组特性、运行工况进行，并满足以下要求：

1 机组甩负荷时水轮机蜗壳（贯流式机组导叶前）最大压力升高率保证值：额定水头在20m以下时，宜为70%～100%；额定水头在20m～40m时，宜为70%～50%；额定水头在40m～100m时，宜为50%～30%；额定水头在100m～300m时，宜为30%～25%；额定水头大于300m时，宜小于25%；

2 机组甩负荷时的最大转速升高率保证值：不宜大于60%。贯流式机组不宜大于65%，冲击式机组不宜大于30%。

6.2.3 电站引水系统的水流惯性时间常数 T_w 和机组的惯性时间常数 T_a 应满足水轮机控制系统的要求。

6.2.4 当压力升高率保证值和转速升高率保证值不能满足设计要求时，可采取下列措施：

1 改变导水叶关闭规律；

2 增加发电机转动惯量；

3 设置调压阀；

4 设置调压室；

5 改变输水管道布置或尺寸。

6.3 技术供、排水系统

6.3.1 技术供水方式应根据电站的水头范围确定，当最小水头小于15m时，宜采用水泵供水方式；净水头在15m～100m时，宜采用自流或自流减压供水方式；净水头大于100m时，宜采用自流减压或其他供水方式。

电站工作水头变化范围较大，采用单一供水方式不满足要求或不经济时，可采用混合供水方式，并经技术经济比较确定不同供水方式的分界水头。

6.3.2 技术供水系统应能自动操作。自流减压供水或顶盖取水供水系统应装设安全泄压装置。有压取水管路上第一道工作阀门应有检修和更换的措施。

6.3.3 水轮机主轴密封用水宜设备用水源，且备用水源应能自动投入。

6.3.4 当采用水泵供水方式时，应设置备用水泵。当1组水泵中任何1台发生故障，备用水泵应自动投入运转。

6.3.5 技术供水系统应设置滤水器。滤水器清污时，系统供水不应中断。轴承润滑水、主轴密封用水的水质应满足机组用水的要求。

6.3.6 机组检修排水和厂内渗漏排水宜分别设置排水系统。

机组检修排水泵宜设2台，其总排水量应能保证在4h～6h内，排除1台机组检修总排水量，每台泵的排水量均应大于上、下游闸门总的漏水量。

厂内渗漏集水井排水泵应不少于2台，其中至少1台备用。排水泵应随集水井水位变化自动运转。

6.3.7 厂区室外排水应自成系统，不应将其引入厂内集水井或集水廊道。

6.4 压缩空气系统

6.4.1 电站厂房内可设置中压和低压空气压缩系统，其规模按设计要求的空气量、工作压力和相对湿度确定。

6.4.2 供油压装置充气的中压空气压缩系统的压力，应根据油压装置的额定工作压力确定。其空气压缩机应设2台，1台工作，1台备用，并应设置贮气罐。

空气压缩机的容量可按全部压缩机同时工作，在60min～120min内将1个压力油罐的空气压力从常压充到额定压力的要求确定。

贮气罐的容积可按压力油罐的运行补气量确定。贮气罐额定工作压力宜高于压力油罐额定工作压力0.2MPa～0.3MPa。贮气罐上应设安全阀、压力表和排污阀。

6.4.3 机组制动、检修维护和水轮机主轴围带密封用的低压空气压缩系统的压力应为0.7MPa～0.8MPa，机组制动用气应满足下列要求：

1 机组制动用气宜设置专用贮气罐及专用供气管道；

2 机组制动用气贮气罐的总容积应按同时制动的机组台数的总耗气量确定；

3 空气压缩机的容量应按同时制动的机组耗气量和恢复贮气罐工作压力的时间确定，恢复贮气罐工作压力的时间可取10min～15min；

4 机组制动用气宜有备用空气压缩机或其他备用气源。

6.4.4 当机组需采用充气压水方式做调相运行时，应满足下列要求：

1 充气用空气压缩机可与机组制动用空气压缩机共用，其容量应按调相压水的用气量确定，但调相供气管路和贮气罐应与机组制动用气系统分开；

2 调相用贮气罐容积应根据1台机组调相时初次压低转轮

室水位所需用的空气量确定；

3 调相用空气压缩机的总容量应按1台机组首次压水后恢复贮气罐工作压力的时间及已投入调相运行的机组总漏气量确定。恢复贮气罐工作压力的时间可取15min～45min。

6.5 油 系 统

6.5.1 电站应设透平油系统，可不设绝缘油系统。油系统应具有贮油、油运输、油净化等功能。

6.5.2 透平油和绝缘油油罐的容积应满足贮油、检修换油和油净化等要求。透平油罐的容积宜为容量最大的1台机组用油量的110%。绝缘油罐的容积宜为容量最大的1台主变压器用油量的110%。

6.5.3 油处理设备应包括油泵和净油设备，其品种、容量和台数可根据电站用油量确定。

6.5.4 梯级水电站或水电站群宜设置中心油务系统。中心油务系统应设置贮油、油处理和油净化设备。设有中心油务系统的电站，油系统应简化配置。

6.6 水力监测系统

6.6.1 水力监测系统应满足水轮发电机组安全可靠经济运行、自动控制的要求。

6.6.2 电站宜设置上游水位、下游水位、调压室水位、电站水头、蜗壳进口压力、顶盖压力、尾水管进口压力、尾水管出口压力、拦污栅前后压差以及机组冷却水压力等常规测量项目，也可设水库水温、机组冷却水温、机组过流流量、水轮机压力脉动、机组效率、机组振动、机组摆度、尾水管压力（真空）等选择性测量项目。

6.7 采 暖 通 风

6.7.1 电站的采暖通风方式应根据当地气象条件、厂房型式及各

生产场所对空气参数的要求确定。

6.7.2 地面式厂房的主机间、安装间和副厂房的通风方式宜采用自然通风。当自然通风达不到室内空气参数要求时，可采用自然与机械联合通风、机械通风、局部空气调节等方式。

主厂房发电机层以下各层可采用自然进风、机械排风的通风方式。

中央控制室等人员值班房间宜采用空调方式。

6.7.3 封闭式厂房可利用孔洞采用自然进风、机械排风的通风方式。当室内空气参数不能满足要求时，可采用空气调节装置。

6.7.4 发电机采用管道式通风时，其热风应引至厂房外。

6.7.5 油罐室的换气次数不应少于3次/h，油处理室的换气次数不应少于6次/h。室内空气不应循环使用。

6.7.6 油罐室和油处理室应分别设置单独的通风系统。通风系统的排风口应高出屋顶1.5m。

6.7.7 SF_6开关室换气次数应为8次/h，吸风口应设置在房间下部。

6.7.8 主、副厂房的室内温度低于5℃时，应设置采暖装置。

6.8 厂房起重机

6.8.1 电站主厂房应设置起重机或其他起重设备。起重机可选单小车、双小车桥式起重机，起升机构宜选用变频电机调速。额定起重量应按吊运最重件和起吊工具的总重量，并参照起重机系列的标准起重量确定。起重机的跨度可按起重机标准跨度选取。起重机的提升高度和速度应满足机组安装和检修的要求。

6.8.2 设有GIS室的电站宜设置GIS室安装检修用的起重机。

6.9 水力机械布置

6.9.1 水力机械设备和电气设备宜分区布置。

6.9.2 主厂房机组段的长度和宽度应根据机组及流道、调速器、

油压装置、进水阀、电气盘柜等尺寸，并结合安装、检修、运行、交通及土建设计等要求确定。主厂房宽度还应满足起重机吊运部件和进水阀所需尺寸的要求。

6.9.3 主厂房起吊高度应满足下列要求：

1 应满足发电机转子连轴整体吊运的要求；

2 应满足水轮机连轴套装及整体吊运的要求；

3 应满足主变压器进厂检修的要求；

4 应满足灯泡贯流式机组导水机构等部件翻身的要求；

5 起重机吊运部件与固定物之间的距离，垂直方向不应小于0.3m，水平方向不应小于0.4m。

6.9.4 安装间的面积应根据1台机组扩大性检修的需要确定，机组主要部件应布置在起重机吊钩工作范围线之内，并应满足下列要求：

1 应满足安装及大修过程中吊运大件次序的要求；

2 机组大件之间、机组大件与墙(柱)和固定设备之间的净距为0.8m～1.0m；

3 应满足车辆进厂装卸的要求。

6.9.5 安装间高程宜与发电机层高程一致。其宽度应与机组段宽度一致，其长度可按1.5倍～2.0倍机组间距长度确定。

6.9.6 透平油室可设在厂房内，绝缘油罐宜设在厂房外。油处理室应布置在油罐室附近。

6.9.7 其他辅助机械的布置应便于设备的安装、运行及检修维护。

6.10 机修设备

6.10.1 机修设备应根据机电设备检修内容、对外交通、外厂协作加工条件等因素配置。

6.10.2 梯级水电站和水电站群宜设置中心修配厂。

7 电　　气

7.1 电站接入电力系统

7.1.1 电气设计应根据电站特性和电力系统要求，确定送出地点、输送电压、出线回路数、输送容量(包括穿越功率)、运行方式及其与电网的连接形式。

7.1.2 电站与电力系统连接的输送电压宜采用一级电压。

7.1.3 梯级电站或电站群宜根据接入电力系统设计需要，设置联合开关站或联合升压站。

7.2 电气主接线

7.2.1 电气主接线应根据电站在电力系统中的地位、电站动能参数、枢纽布置和设备特点等因素确定，并应满足运行可靠、接线简单、操作维修方便和节省工程投资等要求。当电站分期建设时，接线应便于过渡。

7.2.2 电站升高电压侧接线宜选用单母线或单母线分段、变压器-线路组、桥形和角形接线方式。

7.2.3 发电机电压侧接线可选用单元或扩大单元接线、单母线或单母线分段接线。

7.2.4 电站主变压器应采用三相式，其容量可按与其连接的发电机容量选择。当发电机电压母线上连接有近区负荷时，可扣除近区最小负荷选择主变压器容量。当主变压器有穿越功率通过时，主变压器容量还应加上最大穿越功率。

7.2.5 开、停机频繁或需要通过系统倒送厂用电时，单元接线的发电机出口处应装设断路器。

7.3 厂用电及坝区供电

7.3.1 厂用电的电源宜由两个电源供电，主电源宜从发电机电压母线或单元分支线上引接，备用电源可从35kV及以下电压母线或出线上引接。

7.3.2 当厂用变压器安装在室内且为35kV及以下配电时，宜采用干式变压器，安装在室外时，厂用变压器可采用油浸式变压器。厂用变压器台数应根据机组台数及电站特性确定，厂用变压器容量选择应符合下列规定：

1 装设1台变压器时，容量应满足最大计算负荷；

2 装设2台变压器时，当其中1台检修或出现故障，另1台应能担负电站正常运行时的厂用电负荷或短时最大负荷；

3 计算厂用电负荷时，应计及负荷率和网损率，并校验电动机自起动负荷。

7.3.3 厂用变压器的高压侧宜装设断路器或熔断器保护。

7.3.4 厂用电的电压应采用380V/220V。

7.3.5 装设2台厂用变压器时，厂用电母线宜采用单母线或单母线分段接线。

7.3.6 坝区用电可由专设的坝区用电变压器或由厂用电直接供电。

7.4 过电压保护及接地装置

7.4.1 室外配电装置和露天油罐等应装设直击雷过电压保护。直击雷过电压保护装置可采用避雷针、避雷线。

7.4.2 110kV及以上高压配电装置的构架上可装设避雷针，35kV及以下高压配电装置的构架上不应装设避雷针。变压器的门形构架上不应装设避雷针。

7.4.3 1kV以下中性点直接接地的配电网络中，电力设备的金属外壳应采用接地保护。

7.4.4 接地装置设计应设置人工接地网，并利用下列自然接地体：

1 常年与水接触的钢筋混凝土水工建筑物的表层钢筋；

2 压力钢管及闸门、拦污栅的金属埋设件；

3 留在地下或水中的金属体。

除利用自然接地体外，尚应设置人工接地网。

7.4.5 自然接地体与人工接地网的连接应不少于两点，其连接处应设接地电阻测量井。

7.4.6 在小接地短路电流系统中，电力设备的接地电阻值不应大于4Ω，采用监控系统应不大于1Ω。在大接地短路电流系统中，电力设备接地电阻值应符合下式要求：

$$R \leqslant 2000/I \tag{7.4.6}$$

式中：R——考虑到季节变化的最大接地电阻（Ω）；

I——计算用的流经接地装置的入地短路电流（A）。

独立的避雷针（线）宜装设独立的接地装置，其工频接地电阻不宜超过10Ω。在高土壤电阻率地区，可与主接地网连接，地中连接导线的长度不得小于15m。

7.5 照　　明

7.5.1 电站正常照明和应急照明的供电网络应分开设置。正常照明应由厂用电系统供电。当交流电源全部消失后，应急照明可由蓄电池组或其他电源供电。

7.5.2 正常照明发生故障中断后仍需继续工作的场所和主要通道应装设应急照明。室外配电装置可不装设应急照明。

7.5.3 电站正常照明和应急照明最低的照度标准及照明安全措施应按现行行业标准《水力发电厂照明设计规范》DL/T 5140的规定执行。

7.6 厂内外主要电气设备布置

7.6.1 升压变电站宜靠近厂房。开关站和主变压器分开布置时，

主变压器应设在发电机电压配电装置室附近。

7.6.2 6kV～35kV 配电装置宜采用成套开关柜户内式布置。66kV 及以上配电装置宜采用户外式布置。但在污秽地区或地形条件受到限制时，经技术经济比较，也可采用封闭式组合电器。

7.6.3 中央控制室应按电站的自动化控制方式设置。中央控制室面积应根据控制屏(台)的数量、布置要求和布置形式确定。

7.7 电缆选型及敷设

7.7.1 电力电缆宜选用阻燃电缆。高压电力电缆宜选用阻燃交联聚乙烯绝缘电力电缆。易受机械损伤的场所应采用阻燃铠装电缆。

7.7.2 控制电缆应采用铜芯全塑阻燃电缆。有抗电磁干扰要求时，应采用屏蔽阻燃电缆。

7.7.3 电力电缆与控制电缆宜分开敷设。当敷设在同一侧或同一电缆托架(桥架)上时，控制电缆宜敷设在电力电缆的下方。

7.7.4 埋地电缆的埋设深度不宜小于 700mm。当冻土层厚度超过 700mm 时，应采取防止电缆损坏的措施。

7.7.5 电缆竖井的上、下两端以及电缆穿越墙体、屏柜和楼板等孔洞处，应采用非燃烧材料封堵。

7.8 继电保护及系统安全自动装置

7.8.1 电力设备和线路应装设主保护和后备保护装置。当主保护装置或断路器拒动时，应由元件本身的后备保护或相邻元件的保护装置切除故障。

7.8.2 继电保护装置宜采用数字式，并满足可靠性、选择性、灵敏性和快速性的要求。保护装置的时限级差可取 0.3s～0.5s。

7.8.3 配置各类保护装置的电流互感器应满足消除保护死区和减小电流互感器本身故障所产生的影响的要求。

7.8.4 保护装置用电流互感器的稳态误差不应大于10%。保护

装置和测量仪表用的电流互感器不应共用一组二次线圈。

7.8.5 电压互感器二次回路断线使保护装置有可能产生误动作，应装设断线闭锁装置，并发出信号。二次回路断线不导致保护装置误动作，可只装设电压回路断线信号装置。

7.8.6 保护装置宜设置现地显示，能分别显示采集的电气量、继电保护定值以及保护装置动作状况等参数。

7.8.7 装有断路器的10kV及以上电压等级线路宜装设自动重合闸装置；当对侧有电源时，宜装设检同步或检无压自动重合闸装置。

7.8.8 设有2台及以上厂用变压器的电站应装设厂用电备用电源自动投入装置。

7.9 自动控制

7.9.1 电站宜按无人值班（少人值守）的控制方式设计。

7.9.2 水轮发电机组及其附属设备的控制应按机组自动化规定进行设计，并应能实现下列功能：

1 以一个命令完成水轮发电机组的启动或停机；

2 水轮发电机组能自动调节有功功率和无功功率；

3 机组附属设备，技术供、排水系统及压缩空气系统等，能够自动和现地手动控制。

7.9.3 水轮机液压或电动操作的进水阀或快速闸门控制，应包括在机组自动操作范围内，并能够现场进行操作。当机组发生紧急事故时，应自动关闭进水阀或快速闸门。

7.9.4 电站自动控制宜采用计算机监控系统。

7.9.5 发电机宜采用静止可控硅励磁系统。小容量发电机也可采用无刷励磁系统。

7.9.6 发电机自动励磁调节器应满足下列要求：

1 电力系统发生故障而使发电机出口电压急剧降低时，应强行励磁；

2 水轮发电机转速升高引起过电压时，应强行减磁。

7.9.7 发电机励磁系统应装设自动灭磁装置。

7.9.8 当设有中央控制室时，进水阀或快速闸门、水轮发电机组、变压器、10kV及以上线路、近区和坝区的厂用变压器高压侧断路器、直流系统等控制设备，应能在中央控制室内进行控制。

7.9.9 中央音响信号宜由计算机系统完成。

7.9.10 电站应装设带有非同步闭锁的手动准同步装置和自动准同步装置。

7.9.11 发电机出口、发电机-变压器组单元接线高压侧、对侧有电源的线路和母线分段等处的断路器应能够进行同步操作。

7.10 电气测量仪表装置

7.10.1 采用计算机监控系统的电站，电气测量仪表的配置应简化。有遥测要求时，宜由计算机监控系统转送。

7.10.2 有分时计费要求的电站，应设分时电能计量装置。

7.11 操作电源

7.11.1 电站的操作电源应采用带蓄电池的直流电源装置，蓄电池只装设1组，并应按浮充电方式运行。当电站控制方式为扩大厂站方式时，宜装设2组蓄电池。

7.11.2 操作电源电压宜采用直流220V。

7.11.3 蓄电池容量应满足全厂事故停电时的用电容量和最大冲击负荷的容量。

事故停电时间可按1h计算，扩大厂站方式的水电站可按2h计算。

7.11.4 蓄电池宜采用阀控式蓄电池。蓄电池的充电及浮充电宜采用1组蓄电池配置1套整流装置。蓄电池组充电电源回路应设相应的电源指示。

7.11.5 直流装置应具有自动完成充放电控制、电池容量及电压

检测、绝缘监测及故障报警等功能。

7.12 视频监控系统

7.12.1 电站宜设置视频监控系统。监控点应根据生产运行、消防监控和必要的安全警卫需要确定。

7.12.2 视频监控系统设备应满足工作环境的要求。

7.13 通　　信

7.13.1 电站应设有厂内通信设施。生产调度通信和行政通信可合用一台调度总机。对梯级水电站,可在梯级控制中心设置一台调度总机,电站侧采用远端用户模块实现话音通信。对外通信可向当地电信部门申请中继线。

7.13.2 调度总机的容量可根据电站装机容量和自动控制方式在60门～200门之间选取。

7.13.3 通信设备电源应设置专用—48V通信电源,蓄电池容量应按满足8h供电计算。

7.14 电工修理及电气试验

7.14.1 电站可设置专用的电工修理间,并按其规模和集中管理的要求,配置电工修理工具和设备。

7.14.2 装机容量10MW及以上的电站可设电气试验室,装机容量小于10MW的电站可配置简易电气试验室。

7.14.3 集中管理的梯级水电站和水电站群宜设置集中的电气中心试验室。电气试验室仪器仪表设备的配置标准可按现行等级分类标准执行。

8 金属结构

8.1 一般规定

8.1.1 电站的工作闸门、事故闸门和检修闸门孔口尺寸和设计水头系列宜符合现行行业标准《水利水电工程钢闸门设计规范》SL 74的规定。

8.1.2 闸门型式应根据闸门运行要求、闸孔位置、尺寸及上下游水位、操作水头、水文、泥沙及污物情况、启闭机型式及容量、制造安装技术及工艺、材料供应、维护检修等条件，经技术经济比较确定。

8.1.3 两道闸门之间或闸门与拦污栅之间的最小净距应满足门槽混凝土强度与抗渗、启闭机布置与运行、闸门安装与维修和水力学条件等因素的要求，且不宜小于1.5m。

8.1.4 潜孔式闸门门后不能充分通气时，应在紧靠闸门下游孔口的顶部设置通气孔，其顶端应与启闭机室分开，并高出校核洪水位，孔口应设置防护设施。

8.1.5 根据闸门的工作性质和操作运行要求，事故闸门和检修闸门均宜设置平压设施。如采用充水阀平压，其操作应与闸门启闭机联动，并在启闭机上设置小开度的行程开关。

8.1.6 露顶式工作闸门顶部应有0.3m～0.5m的超高值，该超高不得作为水库调蓄或超蓄之用。

8.1.7 闸门、拦污栅及其附属设备应根据水质、运行条件、设置部位和结构型式，按照现行行业标准《水工金属结构防腐蚀规范》SL 105的要求，采取防腐蚀措施。

8.1.8 闸门不应承受冰的静压力。防止冰静压力的措施应根据当地气温、日照及水库(前池)水位变幅等条件，因地制宜地选用，

可选用潜水泵、压缩空气泡、开凿冰沟或其他方法，使闸门与冰层隔开。当闸门可能承受部分冰静压力时，应进行强度验算。

需要在冰冻期间操作的闸门，除其止水需严密外，尚应采用保温或加热等措施，使闸门与门槽不致冻结。

8.1.9 根据闸门、拦污栅和启闭机的正常运行和维修要求，宜设置启闭机室、保护罩、检修室或检修平台、门库或存放槽等设施。

8.1.10 闸门的启闭设备应根据闸门型式、尺寸、孔数及操作运行要求等条件，通过技术经济比较分别选用螺杆式、固定卷扬式、台车式、门式或液压式启闭机。启闭设备设计应符合现行行业标准《水利水电工程启闭机设计规范》SL 41 的要求。

8.1.11 充水平压后静水启门的潜孔式检修闸门、事故闸门，宜在闸门前后装设水位监测装置。

8.2 泄水闸门及启闭设备

8.2.1 在泄洪道、堰闸工作闸门的上游侧宜设置检修闸门；对于重要工程，也可设置事故闸门。当库水位低于闸门底槛的连续时间能满足检修要求时，可不设置检修闸门；当下游水位经常淹没底槛时，应研究设置下游检修闸门的必要性。

在设置检修闸门时，10 孔以内可设 1 扇～2 扇，超过 10 孔宜增加。检修闸门的型式可选用平面闸门、叠梁、浮式叠梁和浮箱等。

8.2.2 在泄水孔工作闸门的上游侧应设置事故闸门。对高水头长泄水孔，尚应研究在事故闸门前设检修闸门的必要性。

8.2.3 泄水孔工作闸门的门后宜保持明流。

8.2.4 泄水孔的工作闸门可选用弧形闸门、平面闸门或其他型式的闸门(阀)。当闸门(阀)的操作水头大于 50m 时，宜选用弧形闸门，也可选用锥形阀或流量调节阀。

采用弧形闸门时，应择优选用止水结构和型式；采用平面闸门时，还应选用合适的门槽型式。弧形闸门的支铰宜布置在过流时

不受水流及漂浮物冲击的高程上。

在泄水建筑物出口处采用锥形阀或流量调节阀时，应防止喷射水雾对附近建筑物的影响。

8.2.5 排沙孔闸门宜设置在进口段，且采用上游面板和上游止水。门槽和水道边界宜光滑平整，并选用抗磨材料加以防护。

排沙孔工作闸门布置在出口处时，除孔道选用抗磨材料防护外，平时宜将设在进口处的事故闸门关闭挡沙。

8.2.6 施工导流孔闸门及其门槽应满足施工期和初期发电的各种运行工况要求。经分析论证，导流孔闸门也可与永久性闸门共用。

操作导流孔闸门的启闭机，其容量应考虑在一定水头下动水启闭闸门的要求，并设置开度指示装置。

8.2.7 对于低水头弧形闸门，应保证支臂动力稳定性。

8.2.8 多孔数的泄洪工作闸门需要在短时间内全部开启或均匀泄水时，应选用固定式启闭机操作。

8.2.9 操作泄洪及其他应急闸门的启闭机应设置可靠的备用电源。

8.3 引水发电系统闸门、拦污栅及启闭设备

8.3.1 当机组或压力输水管道要求闸门作事故保护时，应设置快速闸门；当快速闸门无检修条件时，快速闸门前应设置检修闸门。

对长引水道的引水式电站，尚宜在引水道进口处设置事故闸门。

虹吸式进水口应在虹吸管顶部装设补气阀。

8.3.2 快速闸门的关闭时间应满足对机组或压力管道的保护要求，其下降速度在接近底槛时不宜大于5m/min。

快速闸门启闭机应能现地操作和远方操作，并设置开度指示装置。其启闭机的快速关闭回路应设置可靠的控制电源。

8.3.3 坝后式和河床式水电站的进水口检修闸门，4台机组以内

可设置1扇，4台机组以上可增加。其启闭设备宜选用移动式启闭机。在枢纽布置允许时，可与泄水系统检修闸门共用启闭机。

8.3.4 调压室中的闸门应采取防涌浪的措施。

8.3.5 尾水检修闸门宜采用平面滑动闸门或叠梁闸门，闸门数量应根据孔口数量、机组安装和调试、施工条件等因素，经技术经济比较确定。4台机组以内时，尾水检修闸门可设置1扇～2扇。其启闭设备宜选用移动式启闭机。

8.3.6 进水口应设置拦污栅。拦污栅和清污设施的布置和选型应根据河流中污物的性质、数量以及对清污等的要求确定。拦污栅宜设置清污平台和卸污设施。拦污栅设计应采取措施减少过栅水头损失。

8.3.7 拦污栅的设计应满足结构强度和稳定要求，其荷载根据污物种类、数量及清污措施等条件确定，宜采用2m～4m水位差。

8.3.8 电站进水口宜装设监测拦污栅前后水位差的压差测量及报警装置。

8.3.9 拦污栅宜为活动式，并设置启闭拦污栅的机械设备。当拦污栅倾斜布置时，其倾斜角应结合水工建筑物布置确定。

9 消　防

9.0.1 电站应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 及《水利水电工程设计防火规范》GB 50872 的规定，划分建筑物、构筑物的火灾危险性分类及耐火等级。

9.0.2 厂区内消防车道宽不应小于 4.0m，并宜与厂内交通道路合用。尽头式消防车道应设置回车场。

9.0.3 电站防火分区的最大允许面积应根据建筑火灾危险性分类和耐火等级确定。

9.0.4 电站厂房的安全疏散出口不应少于两个。当副厂房每层建筑面积不超过 $800m^2$，且同时值班人数不超过 15 人时，可设一个。发电机层及以下各层，室内最远工作地点到该层最近的安全疏散出口的距离不应超过 60m。

9.0.5 单台油容量超过 1000kg 的油浸主变压器及其他充油设备应设 100%贮油坑，或 20%贮油坑和公共贮油池。

9.0.6 电力电缆及控制电缆应分层敷设。分层敷设的电缆层间应采用耐火极限不小于 0.5h 的隔板分隔。

9.0.7 电缆隧道及沟道应采取封堵和分隔措施。

9.0.8 单机容量不小于 12.5MV·A 的水轮发电机组和单台容量不小于 12.5MV·A 的室内油浸主变压器，应设置水喷雾等自动灭火系统。

9.0.9 厂房应设排烟设施，并应与厂内通风系统结合。

9.0.10 厂区消防给水水源可采用天然水源自流、专用消防水池、消防水泵供水等，消防给水可与生活、生产供水系统合并。供水水质、水压、水量应满足消防给水的要求。

9.0.11 主厂房、副厂房及油罐室应设置消火栓。耐火等级为一

级、二级，可燃物较少且建筑体积不超过 3000m^{3}的丁类、戊类建筑物可不设室内、室外消防给水。

9.0.12 消防设备应按二级负荷供电，并采用单独的供电回路。

9.0.13 厂房的疏散通道、楼梯间、出口、消防水泵房等部位应设置应急照明及疏散指示标志。

9.0.14 消防控制设备应设在中央控制室内。采用消防水泵供水时，宜在消火栓箱中设置消防水泵启动装置。

9.0.15 电站宜设火灾自动报警装置。

9.0.16 电站应按现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140的规定，配置灭火器等消防器材。

10 施工组织设计

10.1 一 般 规 定

10.1.1 编制施工组织设计应具备下列资料：

1 与电站施工有关的水文、气象、地形、地质资料及相关设计成果；

2 电站所在地区的社会条件；

3 上级主管部门或业主对施工组织设计的意见和要求。

10.1.2 施工组织设计文件编制应符合下列原则：

1 贯彻执行有关法律、法规和技术经济政策；

2 应结合实际，因地制宜，力求施工与环境保护相协调；

3 统筹安排、综合平衡、妥善协调工程各部位的施工，确保施工安全；

4 积极谨慎推广新技术、新材料、新工艺和新设备。

10.2 施 工 导 流

10.2.1 电站施工导流标准应按下列原则选择：

1 导流临时建筑物级别为Ⅴ级，其洪水标准应符合表10.2.1-1规定。

表 10.2.1-1 临时建筑物洪水标准

建筑物类型	洪水重现期(年)
土石结构	10～5
混凝土、浆砌石结构	5～3

2 当坝体填筑物高度达到不需围堰保护时或导流泄水建筑物封堵后，其临时度汛洪水标准应按表10.2.1-2确定。也可根据失事后对下游影响的大小，经专门论证后，适当提高或降低标准。

表 10.2.1-2 坝体临时度汛洪水标准

建筑物	洪水重现期(年)	
	施工期坝体拦洪度汛	导流建筑物封堵后坝体度汛
土石坝	20～10	30～20
混凝土坝、砌石坝	10～5	20～10

3 过水围堰的挡水及过水标准应根据围堰的不同运用时段，按表 10.2.1-1 的规定确定。

4 截流标准可根据水文条件，采用截流时段 5 年～3 年重现期的月或旬的平均流量。

5 导流泄水建筑物的封堵时间应在满足水库拦洪蓄水要求前提下，根据施工总进度确定。封堵下闸的设计流量可用封堵时段 10 年～3 年重现期的月或旬平均流量。

6 封堵工程在施工期间的导流设计标准可根据工程重要性、失事后果等因素，在该时段 10 年～5 年重现期范围内选取。

10.2.2 导流方式应根据枢纽布置、水工建筑物型式和河流特性，综合分析围堰截流、坝体临时度汛、封堵、初期发电及施工总进度等因素，经方案比较后可分别采用分期围堰导流、与断流围堰配合的明渠导流、隧洞导流、涵管导流以及施工过程中的坝体底孔导流、缺口导流和不同泄水建筑物组合导流等。

10.2.3 导流挡水、泄水建筑物的型式应根据地形、地质、水文、枢纽布置、施工等条件，经技术经济比较确定。当导流建筑物与永久工程结合时，应提出结合方式及具体措施。

10.2.4 施工期蓄水应与导流泄水建筑物封堵统一安排。应提出后期导流建筑物的封堵措施。导流建筑物封堵过程中，应采取措施满足下游用水要求。

10.3 料场选择及开采

10.3.1 天然建筑材料的料源应包括建筑物开挖料、土料、天然砂

砾石料及石料场的开采料。料源的选择应根据工程建设对建筑材料的数量、质量及供应强度的要求，在地质勘察和试验的基础上，通过对料源的分布、储量、质量及开采运输条件的综合分析和土石方平衡规划，按照优质、经济的原则，经技术经济比较选定。

10.3.2 土石坝料场选择应符合下列原则：

1 坝料物理力学性质满足坝体用料质量标准；

2 储量相对集中，料场剥离层薄，料层厚，总储量能满足坝体填筑需用量；

3 按坝体不同部位使用料场；

4 保留部分近距离的料场用于坝体抢拦洪度汛高程；

5 便于开采，开采工作面开阔，运距短，附近有无用料堆场；

6 不占或少占耕地、林场。

10.3.3 混凝土骨料料场选择应符合下列原则：

1 工程附近天然砂砾石储量丰富，质量符合标准，应将其作为主要料源；

2 在主体工程附近合格的天然砂砾石料场储量、质量不能满足要求时，宜就近开采加工人工骨料；当开挖渣料数量多、质量好，且能满足施工进度需要时，宜优先利用；

3 少占或不占耕地、林地。

10.3.4 对选定料场，应提出开采规划、边坡防护、水土保持、环境保护措施。

10.4 主体工程施工

10.4.1 主体工程施工设计应包括以下内容：

1 水工建筑物设计对施工的要求；

2 确定主要单项工程施工方案及其场内交通布置、施工顺序、施工方法、设备布置和工艺；对有温度控制要求的建筑物，应提出相应的温度控制要求和裂缝防止措施；

3 根据总进度要求，安排主要单项工程施工进度及相应的施

工强度；

4 选择主要单项工程的主要施工设备型号和数量；

5 确定主要施工设施规模、布置和型式；

6 计算施工辅助工程的工程量及主体工程的施工附加量；

7 计算施工所需的主要材料、劳动力数量和需用计划；

8 协同施工总布置和总进度，平衡整个工程土石方。

10.4.2 主体工程施工方案选择应符合下列原则：

1 施工期短，能保证工程质量和安全；辅助工程量及施工附加量小，施工成本低；

2 先后作业之间、土建工程与机电安装之间、各道工序之间应协调均衡，干扰小；

3 技术先进、可靠；

4 施工强度和施工设备、材料、劳动力等资源需求均衡。

10.5 场内外交通

10.5.1 对外交通宜采用公路运输方式，宜利用国家或地方现有交通设施。

10.5.2 场内交通布置方案应根据施工总布置、场内交通道路建设和维护费用、运输总费用及满足施工运输要求等因素确定。

10.5.3 场内、外交通干线及其主要建筑物设计标准应结合水利水电工程施工特点确定。

10.6 施工工厂设施

10.6.1 施工工厂布置应符合下列要求：

1 厂址宜靠近服务对象和用户中心，水电供应和交通运输方便；

2 协作关系密切的施工工厂布置宜相对集中；

3 生活区宜与生产区分开；

4 应满足防火、安全、卫生和环境保护要求。

10.6.2 施工工厂应分系统设计，分别确定厂址、平面布置、生产规模、场地和房屋面积，确定土建工程量及所需的主要机械设备。

10.7 施工总布置

10.7.1 施工总布置应符合下列原则：

1 根据工程施工特点及进度要求，选择施工临时设施项目并确定其规模；

2 节约用地和少占耕地，并有利于工程完工后临时占地的复耕和造地；

3 在满足环境保护要求、不影响河道行洪和不抬高下游尾水位的前提下，可利用渣料形成施工场地；

4 避免在不良地质区域设置施工临时设施；

5 施工场地的防洪标准按 10 年～5 年重现期洪水分析选择；

6 整体规划施工场地排水，提出防护措施，防止水土流失。

10.7.2 施工分区布置应符合下列要求：

1 施工分区布置应使枢纽工程施工形成最优工艺流程。分区间交通道路布置合理，运输方便，避免或减少反向运输；

2 机电设备、金属结构组装场地宜靠近主要安装场地，交通方便；

3 施工管理中心宜设在主体工程施工工厂区和仓库区的适中地段，各施工区应靠近其施工对象；

4 主要施工物资仓库、场地等宜布置在交通运输处。炸药库、油库等的设置应满足安全要求。

10.7.3 施工总布置应做好土石方平衡，统筹规划堆、弃渣场地，堆、弃渣应符合环境保护及水土保持要求。

10.8 施工总进度

10.8.1 工程建设工期应包括工程筹建期、工程准备期、主体工程

施工期和工程完建期。工程总工期为后三项工期之和。

10.8.2 编制施工总进度应符合下列原则：

1 对控制总工期或受洪水威胁的工程和关键项目，应采取技术和安全措施，缩短建设周期，发挥投资效益；

2 采用平均先进指标，适当留有余地；

3 编制单项工程施工进度和各施工阶段的施工进度计划，确定其关键路线及项目、施工强度和分阶段的工程形象面貌；

4 确定施工总进度和劳动力用量、主要施工设备、主要材料分年度供应计划。

11 建设征地和移民安置

11.1 一般规定

11.1.1 建设征地和移民安置设计应收集项目建设征地涉及地区的行政区划、社会、经济、资源、环境等现状及发展规划资料。

11.1.2 建设征地和移民安置设计应根据项目工程特性，查明对工程设计方案具有制约性的实物对象及其控制高程、分布范围和数量，从建设征地和移民安置角度提出工程设计方案比选意见。

11.1.3 应分析项目建设征地和移民对地区社会经济可能造成的影响，提出建设征地和移民安置的主要任务、安置方案及投资。

11.2 建设征地处理范围及标准

11.2.1 工程建设征地处理范围应包括工程建设涉及的水库淹没影响区和枢纽工程建设区。

11.2.2 水库洪水回水水面线，应根据不同淹没对象设计洪水标准分别计算。回水水面线应以坝址以上天然洪水与建库后设计采用的同一频率的分期（汛期和非汛期）洪水回水位组成的外包线的沿程回水高程确定。水库回水尖灭点应以回水水面线与同频率天然洪水水面线差值为0.3m处的断面确定；水库回水末端设计终点位置，根据库尾淹没影响程度，可采用尖灭点水位水平延伸至天然河道多年平均流量的相应水面线相交处确定。

11.2.3 水库淹没对象设计洪水标准宜在表11.2.3所列范围内选取。当选取下限标准时，应进行专门分析论证。

表 11.2.3 不同水库淹没对象设计洪水标准表

序号	淹没对象	洪水标准[重现期(年)]
1	耕地、园地	5～2
2	林地、牧草地、其他土地	正常蓄水位
3	农村居民点、一般城镇和一般工矿区	20～10
4	中等城市、中等工矿区	50～20
5	重要城市、重要工矿区	100～50

铁路、公路、电力及电信线路、文物古迹、水利设施等，其设计洪水标准应按现行国家标准《防洪标准》GB 50201 的规定确定；无规定的，可会同有关部门协商确定。

在水库淹没区采取垫高、筑堤等工程措施防护时，其设计洪水标准应根据防护对象的重要性，按照国家现行的有关标准的规定执行。

11.2.4 居民迁移界线和土地征收界线应综合上述水库淹没影响区和枢纽工程建设区范围的具体情况，分别考虑一定水库安全超高分析确定。在回水影响不显著的坝前段，应计算风浪爬高、船行波爬高，取两者中的大值作为水库安全超高，当居民迁移界线的水库安全超高低于 1.0m 时宜按 1.0m 确定，耕地园地征收界线的水库安全超高低于 0.5m 时宜按 0.5m 确定。

11.3 实物调查

11.3.1 实物调查范围应按不同设计阶段和工程设计方案，分水库淹没影响区和枢纽工程建设区进行调查。实物调查统计可分为农村、城市集镇、专业项目(含工业企业)三部分。

在实物调查时，还应调查淹没线以上部分受影响的人口、房屋和设施。

11.3.2 各实物的调查方法、精度及成果汇总、实物调查程序和成果认定，应按照国家现行的有关政策、标准的规定执行。

11.4 农村移民安置

11.4.1 应以资源环境承载能力为基础，遵循因地制宜、有利生产、方便生活、保护生态的原则，合理安置农村移民。

11.4.2 农村移民安置规划设计应符合下列要求：

1 农村移民安置规划设计应包括：计算农村移民生产安置人口和搬迁安置人口，确定规划目标和安置标准，分析移民安置区环境容量，拟定移民安置方案，开展生产安置和搬迁安置规划设计，进行投资平衡分析等。

2 编制农村移民安置规划时应合理拟定规划基准年、规划水平年、测算人口自然增长率。计算生产安置人口时应采用标准亩，必要时考虑耕地园地质量级差因数；搬迁安置人口应在实物指标基础上，结合移民生产安置方案计算确定。

3 移民安置方案应从技术可行性、经济合理性等方面进行比较，提出推荐方案。移民安置应考虑移民的意愿和需求，广泛听取移民和移民安置区居民的意见。

11.5 城市集镇影响处理

11.5.1 受建设征地影响的城市集镇，应根据其受影响程度，建设征地后其经济腹地的变化状况，交通网络、行政区划的调整情况，分别采取易地建设、后靠建设、工程防护和撤销与合并等方式进行处理。有防护条件的应优先考虑工程防护的处理方式。

11.5.2 城市集镇影响处理应贯彻节约用地、少占耕地、合理布局、安全的原则。

11.5.3 应按照国家对城市集镇规划工作程序的规定，编制和审批迁建方案、控制性详细规划、修建性详细规划和建设规划等迁建规划设计文件。

11.6 专业项目处理

11.6.1 应根据各专业项目的特点、受淹没影响的程度和移民安

置需要，结合专业项目的规划布局，提出专业项目处理方式。处理方式包括复建、改建、迁建、防护、货币补偿等。

11.6.2 专业项目的处理方案应符合国家的有关政策规定，遵循技术可行、经济合理的原则。对需恢复的项目，应按原规模、原标准、恢复原功能或原有生产能力的原则进行规划设计。必要时可按照专业项目行业标准的要求，提出复建方案规划设计专题成果。

11.6.3 不需要或难以恢复的专业项目，应根据淹没影响程度，必要时结合资产评估，给予合理补偿。

11.7 库底清理设计

11.7.1 在水库蓄水之前，应进行库底清理。

11.7.2 水库库底清理设计应符合下列规定：

1 库底清理设计应符合卫生、环保、劳动安全等行业部门的相关要求。

2 应根据水库淹没影响范围、水库运行方式和功能，确定清理范围，调查各类清理对象的分布及数量，提出清理技术要求，计算清理工程量和清理费用。

3 对具有供水（饮用水）任务的水电站，应根据清理范围内的污染源分布、污染物性质、污染程度等环境状况，提出特定的清理措施和防止污染方案。

4 库底清理设计方案应经济合理，便于操作，并与枢纽工程建设进度衔接，满足电站蓄水要求。

5 具体的清理范围、技术要求可按照现行的技术规范执行。

11.8 实施组织设计

11.8.1 应提出实施组织方式，明确有关各方的任务与职责。

11.8.2 应根据枢纽工程建设进度计划要求，编制建设征地、移民安置、城市集镇影响处理和专业项目处理等项目的实施总进度计划。

11.8.3 应按照总进度计划，提出相应的分年度投资计划。

11.9 建设征地和移民安置补偿投资

11.9.1 补偿投资计算应符合下列原则：

1 征收土地补偿和安置补助标准应符合国家和省、自治区、直辖市所颁布的现行的有关条例、规定。

2 城市集镇、专业项目处理，应按原规模、原标准、恢复原功能的原则，计算其所需的补偿投资。

3 投资补偿单价、标准、定额应根据国家政策、物价水平，结合当地的实际情况制订。各种费率可按照行业有关技术标准规定取用。

4 补偿投资的价格水平，应与枢纽工程保持一致。

11.9.2 补偿投资应由建设征地移民安置补偿项目费用、独立费用、预备费等三部分费用构成，具体计算方法可按照行业有关技术标准要求执行。

12 环境保护

12.1 一般规定

12.1.1 电站建设应按国家现行有关法律法规要求，进行环境影响评价，编制并审批环境影响报告书或环境影响报告表。

12.1.2 应按相关评价导则规定要求，开展电站的环境影响评价各项工作，明确评价结论。

12.1.3 应按环境影响报告书（表）及其审批意见中确定的各项环境保护措施，进行环境保护设计，必要时应复核、调整环境保护措施。

12.1.4 在进行工程选址、规模、施工及运行等工程设计不同方案比选时，应对不同方案进行环境影响对比分析，从环境角度提出推荐意见。

12.2 环境影响评价与保护设计

12.2.1 应根据电站情况，在收集有关资料及初步分析基础上，开展环境现状调查、监测和评价工作，确定环境保护目标和对象。

12.2.2 应结合工程分析、公众参与情况，开展环境影响预测与评价。应对识别、筛选出的主要环境问题、环境敏感对象进行重点分析评价，对公众提出的环境问题，应给予解答或提出解决方案。

12.2.3 应针对工程造成不利影响的对象、范围、时段、程度，根据环境保护目标要求，提出预防、减缓、恢复、补偿、管理、科研、监测等环境保护对策与措施。

环境保护工程措施，应经过比选确定推荐方案，提出工程布置与规模、处理工艺流程、主要设计参数、设施仪器设备、工程量、进度安排等设计成果。

12.2.4 应制订环境管理计划，提出工程设计、环境监理、招投标的环境保护内容及要求；应制订环境监测计划，监测站点设置、监测方法、技术要求应符合国家现行环境监测技术规范的规定。

12.2.5 应编制环境保护投资概(估)算成果，提出分年度投资安排。

13 水 土 保 持

13.1 一 般 规 定

13.1.1 电站建设应按国家现行有关法律法规要求，编制并审批水土保持方案报告书或水土保持方案报告表。

13.1.2 在进行工程选址、选线、施工布置等工程设计方案比选时，应从水土保持角度，分析方案合理性及制约性因素，提出推荐意见。

13.2 水土保持设计

13.2.1 应收集项目区水土流失现状及其防治状况资料，确定防治标准及目标。

13.2.2 应针对主体工程的设计方案开展水土保持分析与评价，当不能满足水土保持要求时，应提出调整、完善要求或者在水土保持措施中进行补充、设计。

13.2.3 应确定水土流失防治责任范围，对项目可能造成的水土流失危害进行预测和分析，明确防治和监测的重点区段和时段。

13.2.4 应根据水土保持方案报告书(表)及其审批意见，必要时经复核，确定分区布设防治措施及水土保持工程设计标准，逐项提出水土保持工程措施、植物措施和临时防护措施的设计成果，计算水土保持工程量，编制施工组织设计和进度安排。

13.2.5 应开展水土保持监测设计，确定监测时段、内容、点位、方法、设施、频次、监测工作量等内容。

13.2.6 应提出水土保持投资概(估)算成果及有关分项投资成果。应根据水土流失防治进度安排，编制分年度投资计划。

14 工 程 管 理

14.1 一 般 规 定

14.1.1 应根据国家现行有关政策和相关规定，按照工程规模、自动化管理水平等确定管理机构的体制、机构设置和人员编制。

14.1.2 管理设施及设备应节能、高效，其配置应少而精；机构设置和人员编制应贯彻精简、统一、效能的原则。

14.1.3 应根据工程规模、特点及运行管理要求，合理确定生产及辅助设施。

14.2 工程管理范围和保护范围

14.2.1 应根据国家有关法规及地方管理有关条例，结合当地自然地理条件、土地利用情况和工程的特点，确定工程的管理范围和保护范围。

14.2.2 工程管理范围应根据永久建筑物和设施的平面布置，管理、运行设施和管理单位的生产及辅助设施的占地确定。

14.2.3 工程保护范围应根据工程具体情况、安全运行要求，结合当地条件按国家现行有关规定确定。

14.3 工程管理运用

14.3.1 应根据电站的特点和在电网中的作用，拟定工程调度管理运用方案。

14.3.2 应根据工程各建筑物和设施的设计条件，提出相应的操作运用和维护检修的技术要求、电厂安全生产管理和制度建设要求。

14.3.3 应根据工程观测项目及观测设施的特点，提出观测方法和资料整理分析的技术要求。

15 节　能

15.0.1 电站节能设计应遵循国家的有关方针、政策，并应结合工程的具体情况，积极采用新技术、新材料和新工艺，做到安全可靠、能源节约和经济合理。设计中选用的主要设备和材料均应按有关法规和现行国家标准《水利水电工程节能设计规范》GB/T 50649的规定提出明确的节能指标或要求。

15.0.2 电站工程应通过节能降耗、环境保护和技术经济等综合比选，合理确定建设规模、工程布置、建筑型式、设备选型、施工措施及运行方式等。

15.0.3 对电站设计中采取的主要节能措施，应进行节能效果综合评价。

16 劳动安全与工业卫生

16.0.1 电站选址及枢纽总体布置应全面分析自然条件、社会环境、安全卫生设施、交通道路、环境绿化等因素，统一规划，合理选择和安排。

16.0.2 应对电站生产过程中及主要生产作业场所主要危险有害因素进行分析，并结合电站特点和实际，提出具体的设计防范措施。

16.0.3 应根据安全生产需要，在有关场所应按现行国家标准《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706 的规定设置安全标志。

16.0.4 应根据工程特点，分析工程施工期可能发生的各种危险有害因素，提出施工期的主要安全技术措施和安全管理要求。

16.0.5 应根据运行期工程管理范围和工程特点，提出电站安全生产管理和制度建设要求，编制主要事故应急救援预案。

17 工程概(估)算

17.0.1 电站设计概(估)算应根据国家现行经济政策、设计文件及工程所在地区的建设条件编制。

17.0.2 编制设计概(估)算应全面反映设计内容,合理选用定额、标准、费率和价格,保证设计概(估)算质量。

17.0.3 应根据工程资金来源和需要,编制内资概(估)算或内外资概(估)算。

17.0.4 应按照国家现行的有关标准的规定及编制年的价格水平,编制设计概(估)算。

17.0.5 设计概(估)算编制依据应根据其隶属关系,国家项目执行国家部委的规定,地方项目执行各省、自治区、直辖市及计划单列市的规定。

18 经济评价

18.0.1 经济评价应符合《建设项目经济评价方法与参数》和现行的财务政策及规定。

18.0.2 经济评价应包括财务评价和国民经济评价。

18.0.3 经济评价应符合费用与效益计算口径对应一致的原则，计及资金的时间价值，以动态分析为主，辅以静态分析。

18.0.4 财务评价应以财务内部收益率及上网电价为主要指标，以财务净现值、投资利润率、投资利税率及静态投资回收期为辅助指标。

18.0.5 财务内部收益率不小于财务基准收益率或计算的财务净现值大于零且上网电价能为市场接受时，其财务评价应为可行。

18.0.6 国民经济评价应以经济内部收益率为主要指标，经济净现值及效益费用比为辅助指标。

18.0.7 经济内部收益率不小于社会折现率或经济净现值不小于零时，其国民经济评价应为可行。

18.0.8 经济评价应进行不确定性分析，并宜以敏感性分析为主。

18.0.9 在财务评价和国民经济评价的基础上，尚应结合淹没、单位千瓦投资、单位电能投资等指标，以及电站的社会效益、环境效益进行综合评价。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑设计防火规范》GB 50016
《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
《防洪标准》GB 50201
《水利水电工程节能设计规范》GB/T 50649
《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706
《水利水电工程设计防火规范》GB 50872
《中国地震动参数区划图》GB 18306
《水力发电厂照明设计规范》DL/T 5140
《水利水电工程启闭机设计规范》SL 41
《水利水电工程钢闸门设计规范》SL 74
《水工金属结构防腐蚀规范》SL 105

中华人民共和国国家标准

小型水力发电站设计规范

GB 50071-2014

条 文 说 明

制订说明

《小型水力发电站设计规范》GB 50071—2014，经住房城乡建设部2014年12月2日以第650号公告批准发布。

本规范是在《小型水力发电站设计规范》GB 50071—2002的基础上修订而成的，上一版的主编单位是水利部水利水电规划设计总院和水利部四川水利水电勘测设计研究院，主要起草人员是司志明、张仁忠、戴晓文、吴迪如、骆继明、刘聪凝、赵德金、方宜生、李霞、高明军、徐孝刚、刘德印、许宁、翟启荣、叶纪刚、胡振华、吴克、罗健、何福鉴、郑绮萍。本次修订的主要技术内容是：修订了第1.0.2条；增加了“13　水土保持”、“15　节能”、“16　劳动安全与工业卫生”3章内容；原“10　施工”调整为“10　施工组织设计”，原“11　水库淹没处理及工程占地”调整为“11　建设征地与移民安置”。

本规范修订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国小型水电站工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，广泛征求了设计、施工、科研、学校、建设等各有关单位的意见，最终经审查定稿。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《小型水力发电站设计规范》GB 50071—2014编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目　　次

1 总　　则

1.0.2 关于规范适用的装机容量范围,《小型水力发电站设计规范》GB 50071—2002(以下简称原规范)为 50MW～5MW。考虑到装机容量大于或等于 50MW 属于大中型水电站,执行相应的规范;装机容量小于 0.5MW 属微型水电站,其设计有特殊性(在水能利用、供电对象、建设投资、运行管理、效益影响等方面与常规水电站差异很大)。目前,装机容量为 0.5MW～5MW 的水电站数量众多,原规范及其他相关设计规范对此范围水电站设计均未规定,因此,将其纳入本规范范围是必要的,即对装机容量的适用范围定为 0.5MW～50MW 是合适的。

电站装机容量小于 50MW 的电站,机组容量根据电站特征参数和设计制造水平确定,出线电压等级一般均不超过 110kV,故本次修订时适用范围不再提出机组容量 15MW 以下、出线电压等级不超过 110kV 的规定。

本规范主要适用于现行国家标准《防洪标准》GB 50201 中规定的工程等别为Ⅳ等、Ⅴ等电站工程。

1.0.3、1.0.4 电站设计应在经批准的河流(河段)规划基础上进行,对上、下游有影响的电站开发时,应征求相邻地区意见。同时,电站设计应执行国家现行的技术经济政策和环境保护政策,因地制宜,合理利用水资源。这对保证电站合理有序开发和顺利实施,确保公众利益是十分必要的,应严格执行。

2 水　文

2.1 一 般 规 定

2.1.1 区域水文气象综合分析研究成果是指流域所在地区已刊布的《水文手册》、《水文图集》、《降雨径流查算图表》、《水资源评价》、《中小流域暴雨洪水计算手册》、《历史洪水调查资料》等。

2.1.2 水文分析计算所依据的基本资料应具有可靠性、一致性、代表性。对“三性”应进行分析检查。资料系列可靠性主要指资料的正确可靠度；资料的一致性主要指所在流域（测站）自然条件无根本变化，如人类活动等因素对水文资料有明显影响时，需将资料换算到统一基础上；资料系列代表性是指资料系列的统计特性能否反映总体的统计特性。

对各项水文要素应进行综合分析、多方检查。要求逐项论证计算参数和采用成果的合理性。

2.2 径　　流

2.2.1 本条基本包括了电站径流计算的成果内容，具体工程可据设计要求有所取舍。

2.2.2 小水电站多建在中小河流上，这些河流在20世纪六七十年代相继建立了水文站、雨量站进行水位、流量及雨量观测，目前基本上已有30年以上的流量和降水量实测资料，少数电站设计依据的水文站径流系列不足30年时，可通过相关插补延长达到30年。因此，本条规定频率分析计算的径流系列要求不少于30年。

2.2.3 还原水量包括上游工农业耗用水量、蓄水工程蓄水变量、跨流域引入和引出水量等。当还原水量资料短缺时，可通过分析直接统计受人类活动影响后的实测径流系列或按资料短缺的径流

计算方法，进行设计径流计算。

2.2.8 特殊水文地质条件主要指岩溶地区形成的不闭合流域对正常径流量的影响。

2.2.10 径流分析计算成果可与上下游、干支流和邻近流域的径流成果（包括多年平均降水量、年平均径流深、年平均径流系数等）比较分析，按水量平衡原则和径流地区变化规律检查其合理性。

2.3 洪　　水

2.3.1 本条基本包括了电站设计洪水的成果内容，可据设计要求提供全部或部分成果。洪水分期一般可据暴雨洪水成因及其主要特性确定。洪水分期不宜过多、过短。

2.3.3 经审批的暴雨径流查算图表是指全国暴雨洪水分析计算协作小组办公室编印的《编制全国暴雨径流查算图表》技术报告及各省（自治区、直辖市）主要成果《产流汇流计算部分》；各省（自治区、直辖市）编制的《暴雨图集》、《可能最大暴雨图集》、《暴雨径流查算图表》、《中小流域暴雨洪水计算手册》、《水文图集》、《水文手册》等。

2.3.7 分期设计洪水可跨期使用是指定期选样计算的分期设计洪水可跨期使用，跨期 5d～10d。

2.3.8 设计洪水地区组成，一般可采用同频率洪水组成法。

2.5 泥沙、蒸发、冰情

2.5.1 泥沙主要指悬移质泥沙和推移质泥沙。

2.6 水情自动测报系统

2.6.2 电站需设置水情自动测报系统时，具体设计可参照有关技术规范。

3 工程地质勘察

3.1 一 般 规 定

3.1.1 工程地质勘察内容中增加了“水文地质条件及环境水腐蚀性评价”的要求。

3.1.2 原规范第3.1.3条勘察方法应以工程地质测绘、轻型勘探和现场简易测试为主，必要时采用重型勘探。根据近年我国小型水电站勘察经验，有些小型水电站的地质条件较复杂，仅用轻型勘探和简易测试不能查明问题，本次修订将“应”改为“宜”。轻型勘探主要包括物探、坑槽探，宜广泛采用。岩心钻探、平洞、竖井等重型勘探手段，在规模较大或地质条件较复杂的工程，重要的工程部位如混凝土重力坝、拱坝、软基建坝(厂)等和不良地质问题勘察时应适量采用，并做到综合利用。

3.3 水库工程地质

3.3.1 水库周边单薄分水岭、低邻谷和贯穿库外的透水层、断层破碎带、古河道等，以及可溶岩分布库段，是水库渗漏的主要通道，是制约水库能否成立和产生效益的主要工程地质问题，应予以查清。

3.3.2 近坝库岸滑坡、坍塌体、危岩体、泥石流等不良地质体，是影响工程安全的重大因素，须引起重视。

3.4 水工建筑物工程地质

3.4.1 土石坝对地基要求较低，一般不全部清除覆盖层，而将坝壳基础置于软基上，如基岩埋藏较浅，防渗体宜直接衔接在岩基上。鉴于一些小水电站清基时常发现古河床，其埋深远大于现代

河床，古河床内冲积层成分复杂；另有一些土石坝由于勘察深度不够，未发现存在的淤泥等软土层，致使坝坡产生塌滑，因此，强调了对土石坝应重点勘察古河床切割深度、软土层、粉细砂层及其地震液化条件。

3.4.2 混凝土坝重点强调勘察对坝基抗滑稳定具有控制作用的各类软弱夹层，这是因为近年来有些小水电站混凝土坝在坝基(肩)开挖中揭示有较多夹层和泥化层而在勘察中未曾发现，给设计、施工造成被动。增加了第4款可溶岩坝址勘察和第7款覆盖层作为混凝土重力坝(闸)地基的勘察要求。

3.4.3 工程实践证明，泄水建筑物下游冲刷破坏严重，有时引起岸边边坡失稳，因此，强调勘察下游受冲刷部位岩(土)体抗冲刷性能。

3.4.4 小水电站地下建筑物施工的经验表明，影响洞室稳定条件的主要因素是进出口岩(土)体的完整性和风化卸荷程度、边坡稳定条件、断层破碎带性状及其走向与洞轴线的交角、洞室地下水活动情况、强透水带的分布、与地表连通情况、形成的外水压力等，要求勘察单位分类分段提供围岩体物理力学参数。由于小型工程洞室不可能做很多勘探测试工作，因此，围岩分类以定性为主，可采用现行行业标准《中小型水利水电工程地质勘察规范》SL55附录中围岩工程地质分类。

3.4.5 引水明渠的边坡稳定破坏是常见病害。以往由于勘察工作深度不够，渠线通过基岩顺向坡、滑坡、泥石流体，致使渠道改线或增加处理难度。因此，强调对渠线的不良地质问题要进行勘察。

3.4.6 压力管道与前池地基最常见的不良地质问题是沿线地段山体边坡稳定与不均匀沉降等。以往由于前期勘察工作深度不够，时有发现管路布置于滑坡体或卸荷变形体上，及前池布置于基岩与覆盖层不均匀地基上等，给工程造成不利影响，因此，强调应勘察压力管道与前池山体的稳定性。

3.5 天然建筑材料

3.5.1 天然建筑材料的勘察可按照现行行业标准《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》SL 251和《中小型水利水电工程地质勘察规范》SL 55的有关规定执行。

3.5.2 人工骨料料源的调查要尽量利用天然及人工揭示的露头(如采石场),减少勘探工作量。当利用灰岩、白云岩作料源时,需注意岩溶洞穴发育程度及其充填物对质量的影响。

4 水利及动能计算

4.2 径流调节计算

4.2.2 在进行水量平衡时，应考虑上、下游各用水部门的用水量、用水过程线及用水保证率的要求。

对有调节性能的电站，可不强调计算保证出力，多年平均发电量中尚需反映丰、枯及峰、谷电量。

4.2.3 系统中小水电站容量比重较大或调节性能较好时，设计的水电站取较大的设计保证率；反之，取较小的设计保证率。

4.2.4 典型年选择时，设计枯水年的水量频率宜基本等于设计保证率，丰水、平水、枯水年的年径流量均值宜等于或接近于多年平均径流量。

4.2.6 对于多年调节或年调节水库电站，可根据系列年枯水期平均出力计算保证出力；对于日调节或无调节电站，可根据典型年逐日出力过程计算其保证出力。

4.3 洪水调节及防洪特征水位选择

4.3.1 防洪特征水位是确保大坝安全和下游防洪安全的重要特征水位，应结合泄洪建筑物的布置和规模进行技术经济比较确定。

4.4 正常蓄水位和死水位选择

4.4.1 正常蓄水位是确定工程规模的重要特征水位，应进行方案比较，并应把水库淹没、生态环境作为方案比较的重要因素。

4.4.2 在满足用水要求和泥沙淤积等条件下，若电站取水口投资增加不多时，死水位可取其下限，以留有余地。

4.5 装机容量及机组选择

4.5.2 设计水平年一般是通过逐年电力电量平衡和经济比较，在选择装机容量的同时一并选定。这种方法虽符合电力系统动态发展和资金时间价值的实际，但工作量较大，不确定因素较多，因此在小水电站设计中不宜采用。本条推荐采用的简化方法，可满足小水电站设计要求。

4.5.6 对于高水头引水式电站，由于引用流量对水头损失影响较大，装机容量、流量、水头三者存在一定关系。当流量为设计引用流量、机组为额定出力时，水头损失最大，发电水头最小。因此，最小水头即为设计水头。其他型式电站，设计水头宜不高于汛期加权平均水头，以尽量减少汛期水头受阻。

4.5.8 对于没有进行电力电量平衡的小水电站，其有效电量系数可参照现行行业标准《小水电建设项目经济评价规程》SL 16 选择，也可根据经验确定。

4.6 引水道尺寸及日调节池容积选择

4.6.1 引水道尺寸是指引水道的纵坡和横断面。选定引水道尺寸和日调节池容积时，应适当留有余地。

4.6.4 日调节池容积的确定要考虑梯级电站之间的协调运行。

4.7 水库泥沙淤积分析及回水计算

4.7.1～4.7.4 对含沙量较少的河流，可适当简略。对含沙量较大且泥沙影响十分严重的河流，建议采用模型试验验证设计。

4.7.5 回水计算的基本资料和计算条件中，应说明回水断面布设情况，糙率选用的根据等，计算断面应能反映河道基本特性及淤积后河床特性。对多沙河流，回水计算应考虑水库淤积的影响。集水面积较小的支沟回水可按平水处理。

5 工程布置及建筑物

5.1 一 般 规 定

5.1.1 工程等别及建筑物级别主要是参照现行国家标准《防洪标准》GB 50201 制订；本条明确工程等别按其规模确定，建筑物级别按其工程等别确定。

5.1.2 挡水高度系指挡水建筑物基础面以上、校核洪水位以下的高度。第 3 款修改为当土石坝一旦失事将对下游造成特别重大灾害时，4 级建筑物的校核洪水标准可提高一级，与现行国家标准《防洪标准》GB 50201 的要求一致；防洪标准统一修改为洪水标准。

5.1.3 提高非挡水厂房的洪水标准，与现行国家标准《防洪标准》GB 50201 一致。考虑到厂房的洪水标准不应高于其水库工程的洪水标准，平原区、滨海区厂房的洪水标准参照其水库工程。

5.1.5 现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 的适用范围是 1 级、2 级、3 级水工建筑物，考虑到水工建筑物抗震安全的重要性，本条规定 4 级、5 级水工建筑物也应进行抗震设计。

5.2 工 程 布 置

5.2.2 为了保证河流生态环境功能，本条增加布置生态放水建筑物的内容。

5.2.4 当受条件限制枢纽只能布置于弯曲河段上时，主厂房宜布置于凹岸弯道顶点偏下游的稳定河岸处，并采取有效的取水、防沙措施。河床式厂房具有较大的阻水面积，布置时要考虑对枢纽泄洪能力及流态的影响。

5.2.9 本条强调了电站引水建筑物进水口采取拦截、排除漂浮物或冰凌措施的重要性。

5.3 挡水建筑物

5.3.1 在挡水建筑物的型式选择中，地形地质条件是首要因素。

5.3.2 各种软基性能差别很大，本条对密实砂砾石地基和软黏土等软弱地基进行分类处理。

考虑到坝基处理和大坝混凝土分区的重要性，本条增加上述两方面的内容。

5.3.3～5.3.5 水力计算的内容在第5.4节泄水建筑物中，因此第5.3.3条取消了重力坝水力计算内容，第5.3.5条取消了拱坝水力计算内容。

拱坝体形设计主要应解决好坝体应力和拱座稳定这两者的关系；当拱圈中心角较大时，坝体应力较好，而拱座稳定条件较差。在拱圈矢跨比1/5的情况下，抛物线拱中心角77°，而圆弧拱中心角91°，因此，抛物线等变曲率拱型能够较好地解决坝体应力和拱座稳定这对矛盾，增加优先选用抛物线、椭圆和对数螺旋线等变曲率拱型的内容。

对中低拱坝，河床局部深槽通过设置垫座，两岸地形、地质缺陷可通过设置重力墩或推力墩来加以处理。

5.3.8 明确混凝土面板坝趾板厚度大于2m时为厚趾板，强调应对厚趾板、高趾墙和基础内有软弱夹层的趾板进行稳定及应力分析。

5.3.9 根据已建橡胶坝的运行情况，橡胶坝与水闸联合设置对坝袋检修、冲沙是十分必要的。对于规模较大的枢纽，设置泄洪闸后在经常遭遇的小洪水工况下可利用水闸泄洪，减小橡胶坝塌坝泄洪的次数，对增加坝袋的使用寿命是十分有效的。

5.4 泄水建筑物

5.4.1 小水电站泄水建筑物包括泄洪建筑物和动力渠道及前池上的溢水建筑物。其型式主要有溢洪道、泄水隧洞、泄洪（水）闸、

泄水孔。

5.4.3 土石坝一般不允许漫顶过水，因此要求其泄水建筑物具有一定的超泄能力，在有条件时，优先选用开敞式溢洪道。

5.4.6 枢纽无下游防洪功能时，要求泄洪建筑物的下泄流量不大于入库流量，避免恶化下游河道的防洪条件。

5.4.7 常用消能方式有底流消能、挑流消能、面流消能、消力戽消能。小水电站多采用底流消能和挑流消能。

5.4.13、5.4.14 将地震设计烈度为7度以上地震区修改为地震设计烈度为7度及以上地震区，与现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203一致。

5.4.15 本条增加多泥沙河道上的水闸消能防冲内容，与现行行业标准《水闸设计规范》SL 265一致。山区性河道下游消能工破损现象比较普遍，采用块石砌筑的消能工损毁更为严重，因此，在消能防冲要求高的水闸下游，消能工宜采用钢筋混凝土结构或其他整体性强的材料。

5.5 引水建筑物

5.5.1 小水电站引水建筑物一般包括进水口、动力渠道、有(无)压引水隧洞、调压室或前池、压力管道。

5.5.2 进水口的型式按照水流条件可分为开敞式、浅孔式、深孔式，按进水口位置和引水管位置可分为坝式、岸式(岸塔式、竖井式、岸坡式)、塔式进水口。

5.5.3 在多泥沙河流上，为了解决泄洪排沙与取水的矛盾，在采取有效的防沙、排沙措施后，进水口也可布置在河流淤积岸(凸岸)。

5.5.4 有压进水口的最小淹没深度计算，建议参照现行行业标准《水利水电工程进水口设计规范》SL 285。对引用流量小、隧洞流速小的电站，经过论证，进水口顶缘的最小淹没深度可适当降低。

5.5.5 根据进水口的进水要求、进水口淹没水深、河道来沙情况及冲沙建筑物等综合因素确定开敞式进水口前拦沙坎布置和结构。

5.5.10 现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279 修订过程中统计了 20 个工程，进、出口洞顶围岩厚度与洞径比值为 0.1～0.9，由于采取了合理的工程措施，这些工程成功建设而且运行正常，因此，对隧洞进、出口岩体厚度可不作规定。

对有压隧洞，要求同时满足不上抬、不发生水力劈裂和渗透失稳破坏，围岩的最小厚度可按混凝土衬砌和无衬砌（含锚喷衬砌）两种情况进行分类。

5.5.12 本条为强制性条文，必须严格执行。为了使有压引水隧洞全线不出现负压，保证有压引水隧洞安全运行，要求在最不利运行工况下洞顶压力不应小于 2.0m。

5.5.13 很多长引水隧洞工程，为了减少水头损失，隧洞设计流速小于 3m/s，因此，取消原条文中的隧洞设计流速可选 3m/s～5m/s 的建议。

5.5.17 喷混凝土厚度分是否挂钢筋网两种情况，最小厚度分别为 8cm 和 10cm，与现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279 一致。

5.5.18 回填灌浆和固结灌浆的参数在未进行试验之前，可参照现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279 的规定和工程的实践经验初步确定。回填灌浆的范围一般在顶拱中心角 90°～120°以内，孔距和排距一般采用 2.0m～6.0m，灌浆压力一般采用 0.1MPa～0.3MPa。固结灌浆排距一般采用 2.0m～4.0m，每排不宜少于 6 孔，对称布置，深入围岩的孔深宜为 50%洞径，灌浆压力宜为 1.5 倍～2.0 倍内水压力。

5.5.19 强调土石坝不宜设置坝内埋管引水。有条件的除险加固土石坝，宜有效封堵坝内埋管，在岸坡山体内布置引水隧洞。当确需设置坝内埋管引水时，强调坝下埋管伸缩缝处设置反滤层的重要性，防止漏水导致渗透破坏。

5.5.20 本规范所指调压室均为上游调压室。压力水道中水流惯性时间常数的计算可参见现行行业标准《水电站调压室设计规范》NB/T 35021。

5.5.22 调压室选型的基本原则如下：

(1)能有效地反射由压力管道传来的水击波；

(2)在无限小负荷变化时，能保持稳定；

(3)大负荷变化时，水面振幅小，波动衰减快；

(4)正常运行时，经过调压室与压力水道连接处的水头损失较小；

(5)结构简单、经济合理、施工方便。

5.5.23 调压室的稳定断面面积计算可参见现行行业标准《水电站调压室设计规范》NB/T 35021。

5.5.32 当引水渠道较长或设计流量大时，一般采用非自动调节渠道；当引水渠道进水口水位变幅不大、渠线较短、地形条件较好时，一般采用自动调渠道。

5.5.33 引水渠道水力计算可参照现行行业标准《水电站引水渠道及前池设计规范》DL/T 5079。

5.5.37 引水渠道衬砌和护面的作用除减小渗漏和降低渠道糙率外，尚可提高渠道的抗冲能力和边坡稳定性，避免渠道两侧土地盐碱化和沼泽化，防止渠坡长草和穴居动物破坏。

5.5.38 根据浙江省的经验，前池有效容积不宜小于2.5min～3min的单机引用流量的水量。

5.5.40 前池涌波计算可参照现行行业标准《水电站引水渠道及前池设计规范》DL/T 5079。

5.5.42 压力管道材料优先选用钢管，PD值(P为钢管内水压力，D为钢管直径)很小情况下可选用钢筋混凝土管，在PD值较大情况下可选用钢套筒混凝土管或钢套筒预应力混凝土管。

5.5.47 压力管道结构安全性很重要，荷载方面要求最大内水压力通过水锤分析计算确定，并通过结构应力分析计算和抗外压稳定性计算来确定压力管道的壁厚。

5.5.49 压力水管伸缩节的滑动区应光滑、无锈，压环与管壁之间的间隙小，水封材料耐磨性和弹性好，摩擦系数小，以及钢管的椭

圆度和同心度符合要求。广西桂林天湖水电站(水头1074m)的钢管伸缩节,将滑动区管壁喷锌并抛光至表面粗糙度$R_a=6.3$左右,水封压环与管壁间的间隙为1.0mm。止水填料在水头617m～1074m段试验了橡胶石棉盘根和聚四氟乙烯石棉盘根,结果前者漏水,后者完全成功。因此,推荐在水头大于300m时,采用聚四氟乙烯石棉盘根。

在小型水电站中波纹管的应用正在逐步增加,因此本条增加了波纹管伸缩节内容。

5.5.50 钢管支承型式一般可按以下原则选取:钢管直径$D<1.5m$,选鞍形支承结构;$1.5m\leqslant D<2.5m$,选平面滑动式或滚动式支承结构;$D\geqslant 2.5m$,选滚动式或摆动式支承结构。

小水电站压力钢管的支承结构型式应结构简单、受力明确、施工方便、造价低。根据广西桂林天湖水电站的经验,可采用分离式支承滚轮结构。该型式结构简单、受力明确、计算简便、节省材料和制造、运输、安装、管理、维修方便,运行安全,其结构见图1。

5.5.53 本文为强制性条文,必须严格执行。小水电站压力钢管的水压试验,因受条件限制,实施上确有困难时,经上级主管部门批准,可不进行水压试验,但应采用性能优良、低温韧性高的钢材,严格按焊接工艺要求施焊,需焊后热处理的焊缝必须热处理,并对纵、环缝按100%无损探伤,或对整个钢管进行100%无损探伤。水压试验可根据管道长度、内水压力等选择分节、分段或整体三种方式,对明管宜做整体试验。

5.6 厂房及开关站

5.6.3 位于冲沟口附近的厂房要仔细研究山洪的影响,根据洪量和泥石流量采取相应防御设施。

为了预防压力管道或高压闸阀发生破裂事故而危及厂房安全,可将厂房位置避开压力管道事故水流的主要方向,或修筑能将事故水流导离厂房的围护建筑物,或提高管道及高压闸阀的安全

储备，或采取其他安全措施。

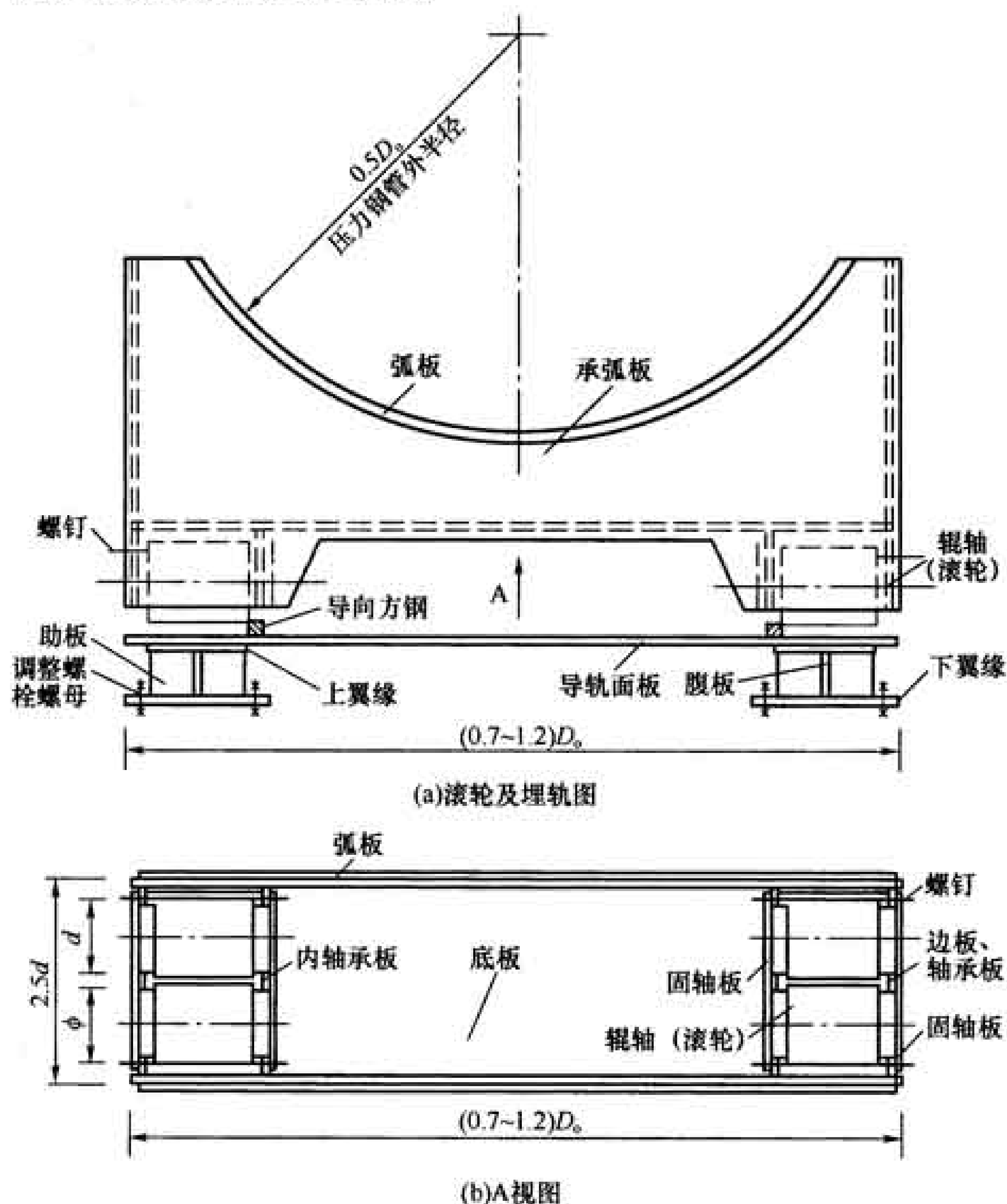


图 1　分离式支承滚轮结构图

5.6.6、5.6.7　决定主厂房尺寸时要注意以下事项：

(1)尾水管和蜗壳一般均按厂家提供的尺寸进行布置，如确有必要修改时，征得厂家同意后可作某些修改。例如，尾水管可作如下修改：

①水平扩散段采用窄高型尾水管，以减小机组间距；

②高水头电站尾水管用圆形断面，也可减小机组间距；

③水平扩散段底板，在满足尾水管出口顶部有足够淹没深度的情况下，可适当上翘，以减少厂房基础部分的开挖；

④适当加长尾水管，以便在其上布置变压器或副厂房；

⑤改变高度及扩散角，以适应厂房布置；

⑥平面上尾水管中心线与机组中心线成夹角布置或偏离布置，以适应河道流向，便于尾水衔接。

(2)在一般情况下，混流式或轴流式水轮机机组间距由蜗壳平面尺寸加混凝土厚度尺寸决定；高水头电站由于单机引用流量小，机组间距由定子尺寸或发电机周围电气设备布置尺寸决定。

(3)坝后式厂房机组间距主要由蜗壳平面投影尺寸控制，据不完全统计，机组间距与水轮机转轮直径的比值约为 4.0 左右，其机组段长度一般与坝体分缝相对应。

(4)河床式厂房，蜗壳平面投影尺寸不完全是控制尺寸，这和选用水轮机混凝土蜗壳包角有关(一般选用包角 180°)。从蜗壳混凝土厚度来看，差别较大，这和蜗壳内壁有无钢板衬砌关系较大，如有钢衬，钢筋混凝土结构即可以考虑放宽限裂要求，混凝土壁厚可以减小，反之要增大；河床式厂房机组间距与水轮机转轮直径的比值约在 3.0～3.8 之间。当机组段设有泄流排沙孔时，机组间距离尚应结合泄流排沙孔的布置确定。

5.6.8 混流式、轴流式机组 1 台机扩大检修部件见表 1。

表 1 安装间放置的机组大件

机组型式 大件名称	混流悬式机组	轴流悬式机组	轴流伞式机组
发电机转子	√	√	√
发电机上机架	√	√	√
水轮机转轮	√	√	√
水轮机顶盖	√	√	√
水轮机支持盖	—	√	√
推力轴承支架	—	√	√

贯流式机组1台机扩大检修部件为发电机转子、发电机定子、水轮机转轮、导水机构;水斗式卧式机组1台机扩大检修部件为发电机转子、水轮机转轮、发电机定子、水轮机机壳;水斗式立式机组1台机扩大检修部件为发电机转子、发电机上机架、水轮机转轮。可不考虑机组与变压器同时检修。

5.6.9 小型水电站极少采用地下厂房和坝内式厂房,修订时取消了地下厂房和坝内式厂房方面的相关内容。

5.6.11 当边机组段及安装间段有侧向水压力作用时,要求计算上下游及左右侧向的水压力等共同作用下的稳定和地基应力。

厂房基础面由于厂房布置需要,往往做成台阶式或其他不规则形状,可将其投影为某一高程的计算平面进行简化计算。

厂房承受的荷载组合情况分为基本组合及特殊组合两种。基本组合是厂房在正常运行情况下的荷载组合,特殊组合是厂房在非常运行情况下的荷载组合。

荷载组合应按表2的规定选择,必要时可考虑其他可能的不利组合。

表2 荷载组合

荷载组合	计算情况	上下游水位		荷载名称										
				结构自重	永久设备重	水重	回填土石重	静水压力	扬压力	浪压力	泥沙压力	土压力	冰压力	地震力
基本组合	正常运行	a_1	上游正常蓄水位 下游最低水位	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	—
		a_2	上游设计洪水位 下游相应水位	√	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—
		b	下游设计洪水位	√	√	√	√	√	√	—	—	√	—	—

续表 2

荷载组合	计算情况	上下游水位		荷载名称										
				结构自重	永久设备重	水重	回填土石重	静水压力	扬压力	浪压力	泥沙压力	土压力	冰压力	地震力
特殊组合	机组检修	a	上游正常蓄水位 下游检修水位	√	—	√	√	√	√	√	√	√	√	—
		b	下游检修水位	√	—	√	√	√	√	—	—	√	—	—
	机组未安装	a	上游正常蓄水位 或设计洪水位 下游相应水位	√	—	√	√	√	√	√	√	√	√	—
		b	下游设计洪水位	√	—	√	√	√	√	—	—	√	—	—
	非常运行	a	上游校核洪水位 下游校核洪水位	√	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—
		b	下游校核洪水位	√	√	√	√	√	√	—	—	√	—	—
	地震情况	a	上游正常蓄水位 下游最低水位	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
		b	下游满载运行水位	√	√	√	√	√	√	—	—	√	—	√

注：1 表中 a 适用于河床式厂房，b 适用于坝后式及岸边式厂房。

2 浪压力与冰压力非同时存在，可根据实际情况选择一种计算，其他荷载按实际作用的可能性进行组合。

3 施工期的情况应作必要的核算，可作为特殊组合。

4 厂房基础设有排水孔时，如考虑排水失效情况，可作为特殊组合。

5 正常运行 a_2 及机组未安装 a 中的下游相应水位，是指当上游发生正常蓄水位或设计洪水位时可能出现的对厂房建筑物最不利的水位（包括枢纽溢洪或不溢洪情况）。

6 非常运行 a 的下游校核洪水位，是指当上游发生校核洪水位时，下游可能出现对厂房建筑物最不利的水位（包括枢纽溢洪或不溢洪情况）。

7 土压力需根据厂房外是否填有土、石而定。

8 机组检修和机组未安装情况下水重应根据实际情况扣除。

5.6.12 对于非岩石地基上的地面式厂房，为了满足地基强度、防渗和减小不均沉陷的要求，需要进行厂房整体稳定、地基应力、地基渗流和沉降计算。

5.6.13 直接承受水压力的厂房下部结构构件，如钢筋混凝土蜗壳、挡水墙、尾水管等，根据以往工程的设计经验，要满足抗裂是比较困难的，且这些构件由于温度变化等因素，难以保证不开裂，故本规范仅提限裂要求。

动力作用引起的结构内力和变形往往比相应静力荷载引起的内力和变形大，故直接承受动荷载作用的结构在进行静力计算时应考虑动力系数。

5.7 通航建筑物

5.7.1～5.7.3 通航建筑物设计应参照国家现行的有关标准执行。

5.8 安全监测设计

5.8.1 设置观测设施的目的是：

(1)监视水工建筑物的运行状况；

(2)掌握施工、安装期水工建筑物的状况；

(3)校核设计计算及试验。

根据水工建筑物的重要性、型式、结构特性及地质条件设置安全监测设施，监测的项目宜按表5.8.1进行选择。混凝土坝、砌石坝宜增加沉降观测项目，土石坝宜增加坝基渗透压力观测项目。

5.8.2 观测断面选择及测点布置要从整个枢纽工程通盘考虑，反映各建筑物及结构的实际工况，在满足精度要求的前提下，力求少而精。各观测值要能互相校核，尽量排除和避免影响精度的因素(如基点变位、测点局部变形、折光气流等)。

6 水力机械及采暖通风

6.1 水轮发电机组选择

6.1.1 电站水轮机型式的选择应充分考虑电站的特点，根据电站开发方式、动能参数、水工建筑物布置、电力系统的要求，参照国内外已生产的水轮机参数及制造厂生产水平，初选若干方案进行技术经济比较确定。

在某一水头段范围内，可能有两种适用的水轮机型式可供选择时，应结合电站具体条件，对不同型式的水轮机进行技术经济比较。

6.1.2 水轮机的转轮直径可按转轮标准直径系列选取，也可以采用非标准直径系列的转轮直径。在选择转轮直径时，应考虑泥沙、水质及机组允许安装高程的影响。在多泥沙河流和基础开挖受限时，可要求制造厂对机组采取相应的技术措施。

6.1.3 对多泥沙河流电站，宜适当降低水轮机比转速，确保在无空化工况下运行，并提出水轮机过流部件采用抗磨蚀材料或保护涂层等保护措施。电站泥沙含量大且泥沙硬度和粒径对机组有危害时，有条件的电站，机组可根据电站运行方式，避沙运行，以降低对水轮机过流部件的磨蚀破坏。

6.1.4 主要考虑到较大尺寸卧式冲击式水轮机上配水环管不安全，转轮公称直径大于 1.4m 时宜采用立式布置。

6.1.5 原 6.1.3 条，水轮机导叶的最大可能开度，即被限位块限定的导叶最大开度。

6.1.6 本条为对原规范第 6.1.4 条的修订，将第 3 款中“灯泡贯流式机组”改为“转桨式水轮机”。

6.1.7 本条为对原规范第 6.1.5 条的修订，增加内容“尾水管扩

散段内平均流速大于 6m/s 应采用金属里衬”。为防止混凝土肘管因水流冲刷而破坏，肘管宜设钢板里衬。为加快施工进度，肘管也可设钢板里衬。

由于厂房布置和其他方面的要求，可使尾水管出口扩散段偏转一个角度、上翘某一高度或中间加隔墩等，但应与制造厂协商，征得制造厂的同意。

6.1.8 发电机参数的选择，可根据国家有关规范和标准选取，功率因数可按 0.80～0.85 选取，灯泡贯流式机组可按 0.90～0.95 选取。发电机转动惯量可根据调节保证要求确定。

6.2 调速系统和调节保证计算

6.2.1 对于微型机组，可采用简易流量调节设备，如操作器或电子负荷调节器。

6.2.2 本文对原条文进行了修订，将原水轮机蜗壳压力上升的限值改为推荐的上升范围，将转速上升限值提高。引水系统复杂的电站宜根据不同水头和水轮机各种可能运行工况组合进行调节保证计算。灯泡贯流式机组的转速上升率可适当放宽。

6.2.4 调压阀在电站实际应用较少，近年来调压阀厂家有新的技术成果推出，可在充分论证的基础上使用。

6.3 技术供、排水系统

6.3.1 本条对原条文进行了修订，将“15m～100m 时，宜采用自流减压或射流泵及顶盖取水供水；大于 120m 时，宜采用水泵供水，也可采采用减压供水”改为“净水头在 15m～100m 时，宜采用自流或自流减压供水方式；净水头大于 100m 时，宜采用自流减压或其他供水方式”。射流泵难于工业化批量生产，需单独设计和制造，成本较高，近年来水电站射流泵的应用极少，因此不推荐使用。采用自流供水，且装机 2 台机组的电站，一般每台机组设一取水口，装机大于 2 台时，每一取水口至少能保证通过 2 台机组所需的

流量。

6.3.2 为了提高电站自动化水平，将技术供水系统纳入机组开停机流程，规定技术供水应能自动控制；为了保证在减压阀失效或者顶盖水压突然增加的情况下机组冷却水管网及设备安全，规定自流减压供水或顶盖取水供水系统应装设泄压装置；为了保证机组冷却水系统具备检修条件，规定有压取水管路上第一道工作阀门应有检修和更换的措施。

6.3.4 为了保证技术供水的可靠性，规定备用泵应能自动投入运转。

6.3.5 技术供水水源含沙量大时，应合理确定供水系统的管内流速，并在管路系统中采取排除泥沙的措施。

6.3.6 将渗漏集水井排水泵备用泵的台数由原规范“其中一台备用”改为“其中至少一台备用”，保证渗漏排水系统的可靠安全。

6.4 压缩空气系统

6.4.1 电站压缩空气系统的主要服务对象是机组制动用气、密封用气、调相压水用气、机组检修吹扫用气、调速器油压装置及进水阀油压装置充气。

工作压力在 0.8MPa 以下的为低压系统，工作压力在 2.5MPa～6.4MPa 的为中压系统。

各用气设备需要的耗气量，除机组检修用气外，由设备生产厂家提供。

6.4.2 供油压装置压力油罐充气的中压压缩空气系统的压力，可以根据油压装置额定工作压力确定，一般为 2.5MPa、4.0MPa 或 6.4MPa。贮气罐的工作压力宜高于压力油罐工作压力，尤其是装机 2 台以上或装有自动补气阀组的电站，1 台压力油罐充气后，贮气罐压力仍宜高于油压装置充气后的压力，以降低压缩空气的相对湿度。

小型机组可考虑高压充氮气囊式蓄能装置的组合式调速器，

省去中压气系统。

6.4.3 同时制动的机组台数和电站主接线方式有关，应根据主接线方式按发生重大事故同时制动的机组台数确定。

电站设有调相压水用压缩空气系统时，制动用气可以使用调相贮气罐的气源作为备用气源，但其系统仍应分开设置，并有防止制动用气系统向调相用气系统倒流的措施。

6.4.4 对于需做调相运行的电站，其调相运行首次充气成功与否，取决于调相空气压缩机和贮气罐的容量、导叶的漏气量。对于调相运行的机组，应向制造厂提出改进导水叶止水结构的要求，并取得制造厂提供的导水叶的漏气量资料。

6.5 油　系　统

6.5.1 由于油浸式变压器可靠性较高，且成品绝缘油能满足变压器运行要求，电站可不设绝缘油系统。

6.6 水力监测系统

6.6.2 本条对原条文进行了修订，鉴于本规范适用于小型机组，因此测量项目不作强制要求，仅列出常规测量项目和可选择性测量项目。目前国内已研制出若干具有测量水轮机效率的多功能综合性测量装置，功能可根据用户的需要和要求选择，并能适应计算机监控要求，这些装置取得了成功的运行经验，效果良好。对容量较大的电站或设有计算机监控和经济运行要求的电站，宜优先选用。

6.7 采 暖 通 风

6.7.1 电站的采暖通风设计以确保机电设备安全运行，改善电站工作条件为目的，应做到经济合理、技术先进、符合工业卫生和环境保护要求。

6.7.3 电站采用空气调节方式时，应尽量减少空气调节房间的面

积。当采用局部空气调节或局部区域空气调节不能满足要求时，可采用全厂性空气调节。

6.7.4～6.7.8 换气次数标准的确定，已考虑了正常排风和事故排风的需要，排风系统应独立设置。室内应保持负压。

主厂房除有条件利用发电机组排放热风采暖的厂房外，可不设置全面采暖系统，仅在工作地点和休息地点设置局部采暖装置。

当厂房设置全面采暖时，其外围护结构应根据技术经济比较确定，且应符合国家有关节能标准的要求。

6.8 厂房起重机

6.8.1 主厂房采用单小车或双小车单主钩、双主钩桥式起重机，主要取决于主厂房的允许高度和起重量，可经技术经济比较确定。当主厂房上部高度受限时，可以选择双小车桥式起重机。当采用单小车起重机时，应考虑设备吊运、翻身用副钩的荷载问题。

为满足机组安装期间零星小件频繁吊运，可在大梁下装设一移动式电动葫芦。

根据机组安装检修的特殊要求，可选用主钩和小车具有调速功能的起重机。

6.8.2 本条对原条文进行了修订，起重机的工作制在起重机相关技术规范上有明确规定，可参照执行，因此这里删除起重机工作制的相关内容；GIS设备应用越来越广泛，按电气设备安装检修要求，GIS室宜设置安装检修用起重机。

6.9 水力机械布置

6.9.2 低水头大流量的电站主厂房机组段的平面尺寸，应首先考虑进水流道和尾水流道的平面尺寸及满足土建对流道混凝土壁厚的要求。

6.9.5 安装间长度可根据机组容量的大小按1.5倍～2.0倍机组间距确定。灯泡贯流式机组电站宜取大值，小容量的卧式机组

电站可小于1.5倍。

6.9.6 本条对原条文进行了修订，根据有关消防规范，透平油室设在主厂房内时，应采取相应的消防措施。

6.10 机修设备

6.10.1 随着社会化电站专业检修公司的发展，电站普遍将设备的大修分包给专业检修公司。不单独配置专业检修部门的电站，可不设置修配厂和机修车间。

6.10.2 小型电站配置机修车间的较少，将原规范第6.10.2条关于机修间布置位置的规定删除。

7 电　　气

7.1 电站接入电力系统

7.1.1、7.1.2 电站接入电力系统是在电力系统规划设计基础上进行。小型水电站与大系统连接时，由于装机容量较小，可不考虑系统的稳定性，发电机功率因数可提高。电站在满足全部容量送入电力系统的前提下，宜简化电气主接线，不宜出现过多的电压等级且各级电压出线回路数由接入系统设计确定。

7.1.3 对短时间内确有可能相继开发的几个梯级电站或电站群，需统一规划电站之间的连接方式及与电力系统的联网方式。如电站群的装机容量都不大，距离负荷点又较远时，为了简化梯级水电站的主接线，可将水电站群的容量集中起来，以 110kV 电压送入电力系统，比分散送电节约投资，便于梯级调度管理。因此，可在适当的地址或电站群中的一个电站设置联合开关站。

7.2 电气主接线

7.2.1 设计电气主接线时，需考虑电站的分期建设和分期安装机组的情况。特别是对单机容量比较大或机组台数较多的电站，从第一台机组投产到全部机组投入电力系统运行，可能要经过比较长的时间。因此，要认真研究主接线适合分期过渡安装的方式，以减少电站投产后的停电次数。

7.2.2 调查表明，电站升高电压侧采用单母线和单母线分段比较广泛。桥形接线适用于进出线各两回的电站，桥形接线分内桥和外桥接线。外桥接线适用于电站利用小时数较低，担任调峰任务、变压器切合频繁、线路较短、有穿越功率经过的情况。内桥接线适用于利用小时数较高，主变压器不经常切合或线路较长、故障率较

高的电站。桥形接线所需断路器最少。小电站角形接线应用较少，一般只采用三角形。

7.2.3 对于小型电站，发电机电压侧采用单元或扩大单元接线、单母线或单母线分段接线比较广泛。

7.2.4 小型电站变压器容量较小，三相变压器的运输条件满足要求，因此变压器应选用三相变压器。

7.2.5 调查表明，运行单位大都希望装设发电机出口断路器，以减少电站在调峰、开机、停机以及退出检修时，高压断路的操作次数，提高对电力系统供电的可靠性。

7.3 厂用电及坝区供电

7.3.1 厂用电源宜考虑两个电源供电，其中一主一备，主电源宜由发电机电压侧电源提供，备用电源可考虑 35kV 及以下电压母线或出线上引接。

7.3.2 调查表明，近几年来，电站厂用变压器通常布置在室内，宜选用干式变压器，尤其是环氧树脂干式变压器。

7.3.3 本条对原条文进行了修订，将“调查表明，运行单位认为断路器与熔断器价差不大，且断路器运行操作方便，并有利于厂用备用电源自动投入”改为“厂用变压器的高压侧宜装设断路器或熔断器保护”。

7.3.4 小电站一般无大容量的电动机，宜采用 380V/220V 供电。

小型电站单机容量小，机组台数少，机组自用电容量较小，一般采用自用电与公用厂用电共用的混合供电方式。

7.3.6 坝区用电一般由专设的坝区用电变压器供电，若坝区与电站相距较近，也可由厂用电直接供电。对坝后式水电站，若无专用坝区变压器，可由厂用电直接供电。对引水式电站，取水口距厂房较远时，闸坝用电宜从厂房架设专用的线路供电。取水口附近如有地区或其他水电站的电源，可以作为取水口的备用电源。对影

响工程安全的泄洪设施，需装设可靠性高的柴油发电机组作为备用电源。

7.4 过电压保护及接地装置

7.4.1 避雷针或避雷线的设置，需充分利用电站所处的地形条件。避雷针与避雷线保护范围的计算方法，可按电力设备过电压保护设计技术规程的有关规定执行。

7.4.5 电站接地电阻测量中，能测量人工接地网、自然接地网及屋外配电装置接地网的电阻。

7.4.6 在大接地短路电流系统中，接地电阻按水力发电厂接地设计技术导则执行。

7.5 照　　明

7.5.1～7.5.3 将原条文中工作照明、事故照明修订为正常照明、应急照明。

水轮机层以下的蜗壳层或贯流式机组的漏油装置层的潮湿场所，正常照明应尽可能采用36V安全电压供电。

7.6 厂内外主要电气设备布置

7.6.1 升压变压器应尽可能靠近主厂房布置，可缩短发电机电压母线及母线廊道的长度，既节省投资，又减少电能损耗，同时也给安装、维护、检修带来方便。但在布置时应满足相关防火规范规定的要求。

7.6.2 由于我国35kV设备的生产能力和生产规模较完善，经调查，选用的35kV户内开关设备的运行较可靠，维护方便，投资不高，对35kV开关设备选型推荐采用户内式布置方案。66kV及以上配电装置，户内全封闭组合电器造价较高，设计中多采用户外式。但在地形狭窄和有腐蚀气体的场所，经济技术比较合理时，也可采用户内式组合电器布置。

7.7 电缆选型及敷设

7.7.1 由于电站消防要求不断提高，在电缆选型中，已广泛采用阻燃电缆。阻燃电缆可节省防火涂料、减少消防投资。

7.8 继电保护及系统安全自动装置

7.8.2 目前，继电保护装置全部采用数字式装置，由一个或者多个CPU处理器构成。保护装置的灵敏系数应按照现行国家标准《继电保护和安全装置技术规程》GB/T 14285的规定选取。

7.9 自动控制

7.9.4 计算机监控系统在国内小水电站已得到较多的运用，投资成本也越来越低，降低了水电站采用计算机监控系统的门槛。

采用计算机监控系统的小水电站，计算机监控系统的设计应符合现行行业规范《水力发电厂计算机监控系统设计规定》DL/T 5065的要求。

7.10 电气测量仪表装置

7.10.1 电气测量仪表简化的程度，视工程实际情况或参照现行行业标准《水力发电厂计算机监控系统设计规定》DL/T 5065确定。电能计量装置一般均需设置。设有计算机监控系统的电站，可不再另设遥测装置，以减少投资和避免设备重复设置。

7.11 操作电源

7.11.1 由于采用扩大厂站的控制模式，因此，为保证设备运行的可靠性，对直流电源要求更高，设置2组蓄电池就是为了提高直流电源的可靠性。

7.11.3 由于扩大厂站都是采取的无人值班模式，2h的时间才能保证检查人员来得及赶到现场处理事故。

7.13 通　　信

7.13.1 随着光纤通信技术的普遍采用，梯级水电站之间均有光纤沟通，借助光纤通道，可以采用远端用户模块的方式传递语音信息，从而可以减少交换机的配置数量，降低电站投资成本。

7.14 电工修理及电气试验

7.14.1、7.14.2 电站可根据自身的情况决定是否设置电工修理及电气试验室，本规范不作强行规定。

8 金属结构

8.1 一般规定

8.1.1 电站的工作闸门系指承担主要挡水工作并能在动水中启闭的闸门；事故闸门系指当闸门的下游(或上游)发生事故时能在动水中关闭的闸门，当需快速关闭时也称快速闸门，这种闸门宜在静水中开启；检修闸门系指水工建筑物或机械设备检修时用以挡水的闸门，这种闸门宜在静水中启闭。

8.1.2 影响闸门选型的各项条件应综合考虑以下因素：

(1)运行要求决定闸门工作性质，如静水或动水启闭，动闭静启，需要局部开启或快速关闭等，对门型选择有很大关系，是选型的主要因素，所选门型必须满足运行要求。

(2)闸门设置位置，可在进口、中部或出口。在出口时选择弧形闸门有利；在中部或进口，选弧形闸门要设较大的闸室，是不利因素，用平面闸门则可简化布置。

(3)当操作水头较高时，考虑到水流条件，以选弧形闸门为宜。若下游水位较高，设弧形闸门可能使支铰浸水，则选平面闸门有利。

(4)对排沙和过推移质的闸门，以选用弧形闸门有利，对排漂浮物的闸门，则可选下沉式或舌瓣式闸门。

(5)为避免启闭力过大，可选弧形闸门。

8.1.3 本条提出的应满足两道闸门之间及闸门与拦污栅之间的最小净距的要求，是为了避免由于设计不慎，给运行和维修带来不便，造成不良后果。其中满足门槽水力学条件只对中、高水头闸门有意义。两道门槽相距太近，对门槽空蚀不利，据调查其最小距离不宜小于1.5m，具体要求也可参照《水工闸门门槽的水力设计》

(1990年4月，水利水电科学研究院水力学研究所编)。

8.1.4 本文为强制性条文，必须严格执行。设置的通气孔既要满足闸门下门时的补气要求，也要满足闸门关闭状态充水平压时的排气要求。通气孔面积对引水发电管道的事故闸门，可按管道面积的5%选用；对泄水管道的工作闸门或事故闸门，可按泄水管道面积的10%选用；对检修闸门，可选用大于或等于充水管的面积。

8.1.5 关于闸门平压设施，在水头不高的小型孔口，有时采用闸门提升小开度充水平压，仅需适当增大启闭设备容量和设置小开度行程开关，简化了闸门结构，这种方法只要充水时的闸下出流不会造成不利影响也是可行的，因此不规定必须设置。

充水平压设施可采用旁道管、门上设充水阀、门叶节间充水等方式。在小水电站常采用充水阀并与启闭机联动，此时应在启闭机上设置小开度行程开关，以保证操作安全可靠，并保护启闭设备。

8.1.6 露顶闸门的超高是保证闸门正常运行的安全值，不能作为水库调蓄或超蓄用，否则将降低建筑物的安全度。

8.1.10 由于各工程的自然条件、水工建筑物的运用条件不完全相同，因此，在启闭机选型时需进行全面的技术经济比较。在经济比较中，除计入启闭设备的制造、安装、运输等费用外，尚应计入相应的水工建筑物和其他辅助设施的费用。

8.2 泄水闸门及启闭设备

8.2.1 当下游水位经常淹没底槛时，应研究论证是否设置下游检修闸门，以保证闸室、闸门槽能有足够的检修时间。这种情况在平原和浅丘地区的拦河闸中较常出现。如设置检修闸门投资较高且枯水期下游水深不大时，应视具体情况，可采取临时修筑土石围堰或采用叠梁闸门等方法解决。

8.2.2 对高水头泄水洞，在事故闸门前是否需要再设一道检修闸门，应视水头高低、事故门前洞身长短、洞身地质情况和检修条件

等研究决定。

8.2.4 根据实践经验和统计资料，操作水头大于50m属于高水头，水力学条件为主要矛盾，多选用水力学条件好的弧形闸门，条文中增加了“宜选用弧型闸门，也可选用锥形阀或流量调节阀”。流量调节阀具有锥形阀的特点，且种类多，设备的性能较好，有专业厂家生产。

新中国成立以来，我国不少中、小型水利水电工程在泄水孔出口设置锥形阀或流量调节阀作为工作闸门，其特点是泄流能力高，阀体受力均匀，启闭力小，泄流消能防冲设施可大大简化，但应采取措施解决开阀时喷射水雾对附近建筑物特别是对电气设备的影响。

8.2.5 对泥沙淤积较严重的情况，建议平时利用工作门前的事故门关闭挡沙，以免洞中淤沙难以处理，同时也改善了工作闸门的运行条件。事故闸门常为静水开启，门前淤沙对闸门操作影响较小，也较易采取措施解决。

8.2.6 施工导流孔的封堵门虽属一次性使用，但由于闸门门槽需经历多个汛期，常年通过泥沙，因此导流孔门槽段的空蚀和磨损应认真对待。

永久性闸门若能够满足下闸封堵的要求，且门叶回收利用经济可行，可以将永久性闸门在封堵导流孔时使用，以节省工程投资。

根据实践经验，施工导流孔的封堵门在下闸过程中存在着由于门槽变形或门槽被异物堵塞，造成闸门卡阻，不能关闭孔口的被动局面，按一定水头下动水启闭闸门的要求选择启闭机容量，利于闸门再次下闸、减少工程损失。

8.2.7 据调查，我国近30年来，有20余座低水头弧形闸门发生支臂失稳事故，这个问题具有一定的普遍性，应在总体布置、设计计算和结构上采取措施。

8.2.9 操作泄洪及其他应急闸门的启闭机，采用不少于两回电源

供电，其中一回电源推荐采用柴油发电机作为备用电源。根据汶川“5·12”地震的经验教训，柴油发电机受外部环境影响较小，作为备用电源最可靠，但运行单位需对柴油发电机作定期维护、保养。如启闭机有备用手摇装置，可不设置柴油发电机。

8.3 引水发电系统闸门、拦污栅及启闭设备

8.3.1 检修闸门、事故闸门、快速闸门等在什么条件下设置，主要根据电站布置及运行要求并结合实践经验确定。

通过对国内14个省的初步调查，大致可分为四类：

(1)坝后式电站，大多数在进水口都设有检修闸门和快速闸门，运行较好。一些没有设置检修闸门的电站在正常发电时，快速闸门吊在孔口，不能维修。在机组检修时，快速闸门又要挡水，也不能检修。因此，设置检修门是必要的。

(2)河床式转桨式机组电站，大多数为低水头、大流量，当机组有防飞逸装置时，其进水口宜设置检修闸门和事故闸门。

(3)河床式贯流式机组电站，机组自身设置重锤式防飞逸装置，其进水口宜设置检修闸门(或事故闸门)，尾水出口宜设置事故闸门(或检修闸门)。

(4)引水式电站的布置形式很多，除了设置快速闸门(或蝴蝶阀)外，在进水口处设置事故闸门或检修闸门的也不乏实例。当引水洞较长时，设置事故闸门较为有利，一旦引水隧洞发生事故，事故闸门可迅速截断水流，防止事故扩大。

8.3.2 快速闸门启闭机需设置电厂交流电源供电，在电厂交流电源失电的情况下，快速闸门启闭机的快速关闭回路的控制电源宜选用直流电源或UPS电源。

8.3.3 坝后式和河床式电站，进水口检修闸门主要用在进口快速闸门或事故闸门检修时挡水。实践表明，4台机组以内共用1套检修闸门，可以满足正常运行时的维修要求。

8.3.4 调压室中的事故闸门，因事故保护要求常停放于调压室内

的门槽中，由于水位经常波动和导叶关闭产生涌浪，所以要注意闸门停放和下降的平稳性。据国内调查，有些电站的调压室快速闸门曾发生过停放和下降过程中不稳定现象，影响正常运行，因此应注意机组甩负荷产生的强烈涌浪对闸门稳定性的影响，必要时可进行专门的模型试验和研究。

8.3.6 拦污栅及清污设施的布置和选型：对污物较少的河流，可只设置一道拦污栅，用人工清污即可；对污物较多的河段，宜设置清污设备清污，有条件时可增设拦污排或浮排进行拦污、导污，并借助泄水水流排污；结合水工建筑物布置和河流污物的具体情况也可以采用两道拦污栅或活动拦污栅以及进水口采用连通式布置。

耙斗式清污机的耙斗应具有足够大的压污力和抓污力；回转栅式清污机具有拦污和清污的功能，可运用于开敞式低水位进水口。

拦污栅应有足够的过水断面，其过栅流速：当采用人工清污时，可采用0.6m/s～0.8m/s；机械清污时，可采用1m/s～1.25m/s；不考虑清污时，可采用0.5m/s。拦污栅栅条间距应根据水轮机的类型和尺寸以及河段的污物性质、数量选择最大允许极限值，要求既能防止有害杂物进入机组损坏设备，又能减小水头损失和清污量。

8.3.9 拦污栅倾斜布置时的倾斜角与取水口的型式和地形地质条件关系密切，应结合水工建筑物布置综合考虑确定。根据国内已建小水电站资料，拦污栅倾斜布置时，其倾斜角变幅很大，不宜划定范围。

9 消　　防

9.0.2 消防车道按单车道考虑，宽度应不小于4.0m，如不是环形消防车道，还应有不小于12m×12m的回车场。根据一般消防车的高度，车道上空净距不能小于4m。

9.0.4 地面厂房的发电机层，其安全出口应不少于两个，且有一个直通屋外地面。地下厂房的发电机层设两个通至屋外地面的安全出口，并至少有一个直通屋外地面；进厂交通隧道的出口可作为直通屋外地面的安全出口；厂房出线或通风用的隧道及竖井出口可作为通至屋外地面的安全出口。

9.0.7 电缆隧道及沟道中的电缆，无论是非阻燃性电缆还是阻燃性电缆，都应设置防火分隔设施。

9.0.9 若厂房的排烟系统与厂内通风系统相结合，必须采取控制措施，即发生火灾时通风系统应关闭，待火情解除后再进行排烟。

9.0.10 在有条件的地方，宜采用常高压系统供应消防用水；消防用水系统与生产、生活供水系统合用时，应采取措施保证消防用水不作它用。

9.0.14 由于水电站的中央控制室一般有人值班或值守，把火灾报警控制装置设在此处易于操作管理。采用消防水泵供水时，消火栓箱中设消防水泵启动装置，便于供水操作。

10 施工组织设计

10.1 一 般 规 定

10.1.1 施工组织设计应全面掌握与工程相关的各种基础资料。电站所在地区的社会条件主要包括:施工电源、水源及水质、交通、环境保护、航运、防洪、供水以及当地机械修配、加工以及生产、生活物资供应等条件。

10.1.2 本条为施工组织设计应遵循的基本原则,并针对目前小型水电站的建设情况,强调了环境保护、施工安全。对经实践证明技术成熟、技术效益显著的科研成果,应推广使用。

10.2 施 工 导 流

10.2.1 坝体施工期坝体拦洪度汛与导流建筑物封堵后坝体度汛洪水标准系根据小型水电站特点和施工实践,并参照《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397—2007、《水利水电工程施工组织设计规范》SL 303—2004 和现行国家标准《防洪标准》GB 50201 拟定的。本规范与上述规范的洪水标准比较列于表 3。

表 3 坝体施工期拦洪度汛标准[重现期(年)]

建筑物	施工期坝体拦洪度汛		封堵后坝体拦洪度汛	
	《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397—2007、《水利水电工程施工组织设计规范》SL 303—2004	本规范	《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397—2007、《水利水电工程施工组织设计规范》SL 303—2004	本规范
土石坝	50～20	20～10	4、5 级无规定	30～20
混凝土坝或砌石坝	20～10	10～5	4、5 级无规定	20～10

考虑到小型水电站的实际情况，将山区丘陵区、平原区的临时建筑物的洪水标准统一进行规定。

《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397—2007、《水利水电工程施工组织设计规范》SL 303—2004 中过水围堰的挡水标准，重现期为 20 年～3 年，范围较宽。本规范根据工程规模确定为：过水围堰挡水标准采用其挡水时段 10 年～3 年重现期洪水。上述规定参考了过水围堰的实际运用情况，便于设计选用。

根据国内小型水电站施工实践，本规范提出的截流标准采用截流时段 5 年～3 年重现期的月或旬平均流量。

10.2.2 施工导流不能只重视初期导流、截流，而应同时考虑后期导流，包括坝体临时度汛、下闸蓄水等。

10.2.3 导流建筑物应考虑各期导流要求，并研究与永久性建筑物相结合的合理性。当导流建筑物与永久建筑物结合时，导流建筑物设计级别与洪水标准仍应按表 10.2.1-1 的规定执行；但成为永久建筑物部分的结构设计应采用永久建筑物级别标准。

10.2.4 导流隧洞封堵、水库蓄水期间，应综合分析下游供水要求，并应采取措施满足下游电站、城镇、农业、航运、生态环境等用水需要。

10.3 料场选择及开采

10.3.2 土石坝坝料损耗大小与施工条件、施工方法和施工工艺关系密切，差别较大，可根据具体条件参考表 4 确定。

表 4 筑坝材料施工损耗(%)

料种	开采条件		汽车运输	堆存中转	坝面作业
	较陡山坡	地形平缓			
堆石料	10～20	5～10	0.2～0.5	5～10	4～8
砂砾料	—	3～5	0.2～0.5	3～6	1.0～1.5
土料	—	3～10	0.5～1.0	5～10	—

10.3.3 混凝土砂石骨料运输加工损耗补偿系数可参考下列经验数据：人工骨料，为(1.13～1.30)K；天然骨料，无级配调整设施时为(1.10～1.27)K，有级配调整设施时为(1.14～1.25)K；其中K为级配平衡的弃料补偿系数，视工程条件由级配平衡计算确定，一般不应超过1.2，级配偏粗采取调整措施时可取1.0。

砂石料开采损耗系数可参照表5选用。

表5 砂石料开采损耗系数

开采条件	采石场	砂砾石料场
水上	1.02～1.05	1.02～1.05
水下	—	1.05～1.10

根据国内外施工实践，人工骨料石料场宜选择灰岩、可采储量为需要量2倍以上、运距在5km以内，剥采比在0.4以下，有用层厚度在15m以上，且开采、加工、运输及水电供应条件好的料场。

10.6 施工工厂设施

10.6.2 施工工厂可分为：砂石加工系统，混凝土生产系统，压缩空气、供水、供电和通讯系统，机械修配、加工厂等。

10.7 施工总布置

10.7.1 施工场地选择和布置，首先应根据枢纽布置特点，以及附近场地的相对位置、高程、面积和征地范围等主要指标，研究对外交通进入施工场地与内部交通的衔接条件和高程、场地内部地形条件、各种设施及货流方向，选择场内交通的主要运输道路，并以交通道路为纽带，结合地形条件，设置临时设施，研究分期规划，使之布局合理、相互协调。

主要施工场地、施工工厂和临时设施的防洪标准采用10年～5年重现期洪水，是根据小水电工程特点结合地方工程实践拟定的。

10.7.2 施工分区应充分考虑工程特性，应优先保证主要生产系

统设置的位置。以混凝土建筑物为主的电站工程，施工工区布置宜以砂、石料开采、加工、混凝土拌和、浇筑系统为主。以当地材料坝为主的电站工程布置，宜以土石料采挖、加工、堆料场和上坝运输线路为主。

10.7.3 根据目前小水电的建设情况，应充分重视堆、弃渣场水土保持及环境保护工作。

10.8 施工总进度

10.8.1 为统一施工总工期的划分标准，本规范参考现行行业标准《水利水电工程施工组织设计规范》SL 303的规定，将工程建设工期划分为四个阶段。

工程筹建期：工程正式开工前为承包单位进场施工创造条件所需的时间。如对外交通、施工用电、通讯、施工征地与移民，以及招标评标、签约等涉及对外协作的筹建工程。

工程准备期：准备工程开工起至关键线路上的主体工程开工或河道截流闭气后的工期，一般包括“四通一平”、导流工程、临时房屋和施工工厂设施建设等。

主体工程施工期：自关键线路上的主体工程开工或一期截流闭气后开始，至第一台机组发电或工程开始发挥效益为止的工期。

工程完建期：自电站第一台机组投入运行或工程开始受益起，至工程竣工的工期。

10.8.2 单项工程施工进度既是施工总进度的构成部分，又是编制施工总进度的基础；既应服从总进度的整体安排，通过各单项工程施工方法研究，又为合理调整施工总进度提供依据。设计中两者必须紧密配合，才能编制出整体较优的施工总进度方案。

11 建设征地和移民安置

11.1 一 般 规 定

11.1.1 行政区划宜至行政村，尽量到组。社会、经济、资源、环境资料宜采用正式的调查和统计成果，能用于分析当地资源环境承载能力。

11.1.2 不同设计阶段，当工程设计方案比选涉及征地和移民时，可以从实物量大小、安置方案难易、补偿投资差别等方面提出建设征地和移民安置比选综合意见。

11.2 建设征地处理范围及标准

11.2.1 按水电工程建设征地有关规范、国家征地制度和《移民条例》的有关规定，对原规范划分的水库淹没区范围进行了调整。明确水电工程建设征地处理范围应由水库淹没影响区和枢纽工程建设区组成。

水库淹没影响区，包括水库淹没区和因水库蓄水而引起的水库影响区。水库淹没区按水库正常蓄水位、水库洪水回水水面线、风浪、船行波、冰塞壅水区域等组成的外包线确定。水库影响区包括浸没、坍岸、滑坡、内涝、水库渗漏等地质灾害区，以及其他受水库蓄水影响的区域。

枢纽工程建设区，依据枢纽工程总体布置和施工组织设计成果，按征占土地用途划分为永久占地区和临时用地区。永久占地区一般包括永久建(构)筑物的建筑区、对外交通用地和工程永久管理区；临时用地区一般包括料场、渣场、库区垫高造地、作业场(含辅助企业)、临时道路、施工营地、其他临时设施用地及施工爆破影响区。属临时使用但不能恢复原用途的土地划归永久占

地区。

位于水库淹没区的料场、渣场等占地，计入水库淹没区范围并考虑用地时序；其他与水库淹没区重叠部分，计入枢纽工程建设区范围。

11.2.2 本条对水库洪水回水水面线计算依据、成果要求（含支流）进行了规定。在原规范第11.1.3条基础上，增加了水库回水尖灭点的确定方法，进一步明确了水库回水末端设计终点位置的确定方法。对于较大的或有重要淹没对象的水库支流，需进行支流洪水回水水面线计算。

计算水库洪水回水位时，需考虑泥沙淤积影响。小型水电站的泥沙淤积影响年限一般依据其水库冲淤平衡年限确定。

11.2.3 在原规范第11.1.2条基础上，参照相关规范增列了部分淹没对象洪水标准；针对非上限标准的专门论证，可以考虑淹没对象的现有防洪标准、电站建设防洪改善情况、影响时段等。

11.2.4 在原规范第11.1.4条基础上，参照相关规范明确了水库安全超高的取值要求。将原土地征用界线修订为土地征收界线。

11.3 实物调查

11.3.1 实物分类从原农村、集镇、乡镇企业和专业项目四类调整为农村、城市集镇、专业项目三类。为合理确定工程方案以及移民安置规划方案，提出了淹没线以上部分实物的调查要求。

农村实物调查的内容包括人口、房屋及附属建筑物、土地、零星林（果）木、农村小型专项设施、农副业设施、文化宗教设施、个体工商户、其他。

城市集镇实物调查内容主要包括基本情况、用地、人口、房屋及附属建筑物、零星林（果）木、机关企（事）业单位、个体工商户、基础设施等。

专业项目包括独立于城市集镇之外的企（事）业单位、交通（铁

路、公路、航运)、水利水电、电力、电信、广播电视、水文(气象)站、文物古迹、矿产资源及其他项目。调查内容包括项目的类别、数量、基本情况、权属、受征地影响的程度等。

11.3.2 实物调查应当依法合规、全面准确,调查结果经调查者和被调查者签字后,由当地乡、镇政府进行公示,实物调查成果宜经工程涉及地区县级或以上人民政府或其授权部门签署意见。实物调查程序和成果认定的方式,省级人民政府有规定的,依照其规定执行。

11.4 农村移民安置

11.4.1 在原规范第11.3.4条基础上,结合《移民条例》的规定,提出了农村移民安置应遵循的主要原则。

11.4.2 本条各款分别综合了原规范第11.3.3条、第11.3.2条、第11.3.5条部分规定,完善了农村移民安置规划设计任务、安置人口计算方法,新增了移民安置方案征求意见要求。

11.5 城市集镇影响处理

11.5.1 本条基本沿用原规范第11.4.1条的集镇处理方式,将迁建方式明确分为易地建设、后靠建设两种情况。

11.5.3 城市集镇基础设施设计是迁建规划的重要内容之一,基础设施一般包括新址征地、场地平整(竖向工程)、道路广场、给排水、供电、电信、广播电视、防灾减灾、环境卫生、消防、农贸市场、绿化等项目。对于需筑堤防护的迁建方案,防护工程可根据防护对象纳入基础设施设计中。

11.6 专业项目处理

11.6.1~11.6.3 为在原规范第11.4.3条的基础上修订调整形成,单列了专业项目处理原则、处理方式选择、处理方案勘测设计要求。

11.7 库底清理设计

11.7.2 本条将原规范第11.6.2条进行了适当细化，指出库底清理除满足行业部门要求外，要确定清理范围和工程量、提出库底清理设计方案，特别应注意特定的清理对象的清理要求。

11.8 实施组织设计

11.8.1～11.8.3 为更好贯彻《移民条例》，有序推进土地征收征用、移民搬迁工作，在确保移民安置质量的前提下，协调好征地移民与工程建设进度的关系。

11.9 建设征地和移民安置补偿投资

11.9.1 本条基本沿用原规范第11.7.1条各款的规定，对专业项目概（估）算编制，可依据行业有关技术标准要求执行。地级市出台的征地和房屋拆迁补偿标准，依据国家和省级政府所颁布的现行条例、行业规定而制定的，可参考使用；与国家和省级政府所颁布的现行条例、行业规定有冲突的或行业以外的，不宜使用。

11.9.2 本条在原规范第11.7.2条各款基础上修订形成，将原"其他费用"调整为"独立费用"，相应调整了费用构成，取消了建设期贷款利息。

建设征地移民安置补偿项目费用由农村部分补偿费用、城市集镇部分补偿费用、专业项目处理补偿费用、库底清理费用组成，宜分水库淹没影响区和枢纽工程建设区两部分进行计算，并汇总。

独立费用包括项目建设管理费、移民安置实施阶段科研和综合设计（综合设代）费以及其他税费等。

预备费包括基本预备费和价差预备费。

12 环 境 保 护

12.1 一 般 规 定

12.1.1 按2008年10月1日生效的《建设项目环境影响评价分类管理名录》要求，总装机1000kW以上的电站、抽水蓄能电站、涉及环境敏感区的电站应编制环境影响报告书，其他水力发电项目编制环境影响报告表。

12.1.2 本条在原规范第12.1.2条基础上，结合《环境影响评价技术导则　水利水电工程》HJ/T 88—2003进行了充实。水电站环境影响评价涉及环境要素及因子可分为：水文、泥沙、局地气候、水环境（含地表水、地下水）、环境地质、土壤环境、陆生生物、水生生物、生态完整性与敏感生态环境问题、大气环境、声环境、固体废物、人群健康、景观和文物、移民、社会经济等。

12.2 环境影响评价与保护设计

12.2.2 环境影响预测方法可采用类比分析法、数学模型法、物理模型法、景观生态学方法、生态机理分析法、图解法、图形叠置法、专业判断法等。按照《环境影响评价公众参与暂行办法》，要征求公众意见并在环境影响报告书（表）中附具对公众意见采纳或者不采纳的说明。

12.2.3 水电站可能采取的环境保护对策与措施涉及以下方面：

（1）水环境保护。水环境保护措施包括地表水环保措施和地下水环保措施。根据施工期、运行期各类废（污）水排放特征，按照区域水环境功能保护要求及政策规定，明确排放标准，提出处理设施、工艺、参数等设计成果，明确废（污）水处理设施运行管理技术要求。

工程运行期的水库水质保护，根据污染源类型，提出清理、削

减、控制等措施；涉及水源地的，提出保护范围划分要求。

按污染物排放总量控制要求，提出水污染控制对策和水环境管理（行政、技术、经济、法律）非工程措施。

（2）大气环境保护。对生产、生活设施、交通运输等排放的废气、粉尘提出削减、控制要求和净化措施设计，必要时可调整施工区布置、采取补偿措施。

（3）声环境保护。确定各类噪声，提出控制、削减、隔离和防护措施设计，明确防护设施布置、主要设备和数量。必要时可考虑进行居民搬迁、给予补偿措施。

（4）固体废物处置。按照资源化、减量化、无害化原则，确定固体废物产生数量，选定固体废物收集、储运和处置方案，提出收集设施和设备的型号、规格、数量，明确运行管理技术要求。

（5）陆生生物保护。根据野生珍稀、濒危和特有陆生植物的保护要求，提出工程防护、移栽、引种繁殖栽培、种质库保存和管理、工程运行管理要求等措施设计。工程施工损坏植被的，提出恢复与绿化措施。破坏或改变珍稀、濒危陆生动物和有保护价值的陆生动物生境条件的，提出预留迁徙通道或建立替代生境等保护及管理措施设计。

（6）水生生物保护。根据野生珍稀、濒危和特有水生生物（特别是鱼类）的保护要求，提出相应人工增殖与放流、过鱼设施、产卵场、索饵场、育肥场保护、种质资源保护补充的措施设计及保护管理要求。

（7）人群健康保护。提出卫生检疫、疫情监控、疾病防治等措施的实施计划、工作量。

（8）移民安置环境保护。确定迁建城市集镇和集中移民安置区生活污水、固体废物处置方案，明确主要设施布置、运行管理技术要求。

（9）生态用水保证措施。明确用水标准，提出取（放）水设施设计成果，明确取（放）水设施运行管理及监测要求。

（10）其他环境保护措施。对工程可能引起的地质、土壤、景观、文物等其他环境问题，明确相应的处理措施方案及有关技术要求。

13 水土保持

13.1 一般规定

13.1.1 按《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433—2008附录A的规定，结合有关水利水电行业技术标准、法规编制水土保持方案。

13.2 水土保持设计

13.2.1～13.2.6 结合现行国家标准《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433以及有关水利水电行业标准的要求，按不同设计阶段提出水土保持各项设计成果和投资。

14 工程管理

14.1 一般规定

14.1.1～14.1.3 工程管理需符合国家现行有关政策和相关规定。随着自动化管理水平的提高，管理方法和手段发生了较大变化。因此，对原规范相关内容进行了修订。

14.2 工程管理范围和保护范围

14.2.1 如涉及土地划界确权内容，应在本规范“建设征地和移民安置”中根据具体情况确定。

14.2.2 按照国家现行有关规定，管理单位生活及福利设施不纳入工程管理内容，但生产及辅助设施应根据实际需要考虑。

15 节　　能

15.0.1 节约资源是我国的一项长期基本国策，节能是解决我国能源问题的根本途径，《中华人民共和国节约能源法》已于1998年1月1日开始实施。2006年8月6日，国务院下发了《关于加强节能工作的决定》（国发〔2006〕28号），强调必须把节能摆在更加突出的战略位置，必须把节能工作作为当前的紧迫任务，并提出了具体目标。2009年12月，中国政府在哥本哈根联合国气候大会上提出：到2020年，单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%～45%。水电工程项目建设应符合节能要求，节能设计应符合现行国家标准《水利水电工程节能设计规范》GB/T 50649的要求。

设计的主要设备和材料应选用环保、节能型产品，禁止选用已明令淘汰的产品，积极慎重地采用新材料、新工艺。主要设施及设备应定期检修和维护，重视防腐、防锈涂装；有条件的地区，电站采暖、通风、照明等设计可利用风能、太阳能、地热等资源。

16 劳动安全与工业卫生

16.0.1 电站设计需根据现行国家标准《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706及国家现行有关规定开展劳动安全与工业卫生设计。

电站选址需充分考虑滑坡、滚石、暴雨、洪水、泥石流、雷电、污染、传染病等主要有害因素；电站总布置除考虑上述主要有害因素外，还需考虑在紧急情况下的消防及人员疏散通道要求。根据具体情况，宜在建筑物周围及道路两侧和其他适当地方植树、种植花草、绿化环境。

封闭式厂房设计中，为给运行管理人员工作和生活创造安全生产、身心健康的环境，需统筹考虑通风、防潮、防噪声、照度等问题。

开关站应根据具体情况，在四周设置高度不低于2.2m的实体围墙，防止无关人员随意进出。

16.0.2 生产过程中主要危险因素安全设计对策措施一般包括：防火、防爆、防电气伤害、防机械伤害、防坠落伤害、防洪、防水淹厂房等。主要生产作业场所有害因素安全设计对策措施一般包括：防噪声及防振动、温度与湿度控制、采光与照明、防尘、防污、防腐蚀、防毒、防电磁辐射等。

辅助用室是安全卫生设计的内容之一，应根据电站总布置和运行管理的需要统一考虑，其位置应避免有害物质、病原体等有害因素的影响，室内应有良好的通风、采暖和排水设施，且易于清扫，设置的卫生设备应便于使用。厕所等的污水必须经过污水处理，符合有关标准后才允许排至地面水体。在可能感染血吸虫病地区，应防止粪便污染水源，保证饮用水安全，适当配备必要的预防

及消毒药品；因生产、生活和防汛需要接触疫水时，要采取涂抹防护油膏、穿戴防护用品等措施。

辅助用室主要包括生产卫生用室（淋浴室、存衣室、盥洗室）、生活用室（休息室、厕所）、妇幼卫生用室和医疗卫生用室。应视具体情况按实际需要和使用方便的原则确定如何设置辅助用室及其规模。由于水电厂生产值班人员不多，妇幼卫生用室及医疗卫生用室，在生产场所一般只设简易用室和用品，主要在城镇生活区由城镇统一解决。

16.0.4 施工期条件复杂，安全防范措施不可能一应俱全，主要从设计角度分析危险有害因素，对重大危险源的标准进行复核、辨别和分析，提出安全技术措施和安全管理要求。

17 工程概(估)算

17.0.1～17.0.5 设计概(估)算编制涉及国家政策和投资渠道等多种因素，其编制方法、定额、标准、费率和价格等规定时效性极强，难以作出具体规定。因此，本规范仅规定了编制原则。